

**Narkoseschäden
bei Verwendung des geschlossenen
Atemsystems unter besonderer
Berücksichtigung
der Wärmeschäden**

Brigitte Werner

1961



Digitized by the Internet Archive
in 2026

AUS DER CHIRURGISCHEN PRIVATKLINIK DR. KRECKE MÜNCHEN

Vorstand: Universitätsprof. Dr. W. Fick

**Narkoseschäden
bei Verwendung des geschlossenen
Atemsystems unter besonderer
Berücksichtigung
der Wärmeschäden**

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
verfaßt und
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

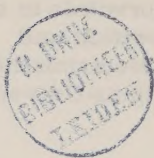
Brigitte Werner
aus Asbach

München 1961

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter:	Professor Dr. W. FICK
Mitberichterstatter:	Professor Dr. R. ZENKER
Dekan:	Professor Dr. W. SEITZ

Tag der mündlichen Prüfung: 24.10.1961



INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
A. Allgemeines zur Geschichte der Narkose	5
B. Entwicklung der Inhalationsnarcotica und der dazu gehörenden gebräuchlichen Systeme	5
I. Das offene System ohne Rückatmung	6
II. Das halboffene System	7
III. Das halbgeschlossene System	9
IV. Das geschlossene System	9
1. Allgemeines	9
2. Die Pendelatmung	10
3. Die Kreisatmung	11
4. Gegenüberstellung der Vor- und Nachteile der Pendel- und Kreisatmung von Hüglin	13
C. Wie kommen im menschlichen Körper Wärmeschäden zustande?	14
I. Wärmeregulation	14
1. Allgemeine Betrachtung	14
2. Wärmeregulation beim Erwachsenen	14
3. Wärmeregulation beim Kind	14
II. Wärmeschäden durch Sonnenstich und Hitzschlag, als Analogon zu den Wärmeschäden bei Apparatnarkose im geschlossenen System	15
1. Der Hitzschlag	15
a) Definition und Entstehung	
b) Krankheitsbild und Verlauf	
2. Der Sonnenstich	16
a) Entstehung und Folgeerscheinungen	
3. Prophylaxe, Therapie und Prognose	17
4. Ursachen der Hitzestörungen nach Dönhardt und Killian	18
III. Wärmeschäden durch Wärmestauung bei Apparatnarkose im geschlossenen System mit CO ₂ -Absorption	19
1. Komplikationen und anschliessende Experimente	19
2. Ursachen des Auftretens von Überhitzungen	20
3. Wärmebildung im Atemkalkabsorber	21
a) Entdeckung und Aufgaben der Absorber	21
b) Zusammensetzung von Natriumkalk und Bariumkalk	22
c) Absorptionsvermögen und Leistungsfähigkeit	23
d) Physikalisch-chemischer Vorgang	24

4. Temperaturen innerhalb des Systems	24
5. Umgebungstemperaturen und ihre Auswirkungen auf den Patienten	27
a) Raumtemperaturen und Feuchtigkeitsmessungen im OP.	27
b) Temperaturmessungen unter den sterilen Abdecktüchern	28
IV. Überhitzung und ihre Folgen	29
1. Klinisches Bild	29
2. Pathologisch-anatomische Befunde	31
V. Narkosekomplikationen in Verbindung mit Wärmeschäden	32
1. Kohlensäureanreicherung und Intoxikation	32
2. Prophylaktische Massnahmen	32
a) Hintereinanderschaltung zweier Absorber	32
b) Gasanalytische Messungen während der Narkose	32
3. Gefahren der Kohlensäureanreicherung (Acidose)	34
D. Wie beugt man einer Überhitzung vor?	37
I. Kontinuierliche Temperaturmessungen und Regulation der Temperatur	37
1. In der Umgebung des Patienten (OP.)	37
2. Innerhalb des angewendeten Narkosesystems	38
3. Messungen am Patienten selbst	38
II. Abkühlung der Absorberkanister und Inspirationsschläuche	39
III. Senkung der Körpertemperaturen des Patienten	40
1. Physikalische Abkühlung von aussen	40
2. Hypothermie durch pharmako-dynamische Blockade des neurovegetativen Nervensystems	40
E. Warum findet die Apparat-Narkose im geschlossenen System immer noch Verwendung?	43
I. Sparsamer Gasverbrauch	
II. Bessere Steuerung der Narkose	
III. Herabsetzung der Explosionsgefahr	
IV. Durch eingebauten Atembeutel Ermöglichung der assistierten oder kontrollierten Atmung	
V. Curare-Anwendung	
1. Einsparung von Narkoticis	
2. Einhaltung einer oberflächlichen Narkose	
3. Verringerung der unerwünschten Zwischenfälle	
F. Zusammenfassung	45
Literaturverzeichnis	50

A. ALLGEMEINES ZUR GESCHICHTE DER NARKOSE

Die Versuche der Menschen, unerträgliche Schmerzen zu betäuben und sich an chemischen Mitteln zu berauschen, reichen sicherlich bis zurück in die Urzeiten der Menschheit. Die Menschen gebrauchten die verschiedensten Drogen je nach der Höhe ihrer Kulturstufe.

Nach von Brunn beginnt die Geschichte der Anaesthesie im dritten Jahrtausend vor Christus.

Die Babylonier sollen ihre betäubenden Getränke aus den Blättern und Wurzeln der Alraune, dem Bilsenkraut und Mohnsaft bereitet haben. Assyrer und Ägypter empfahlen die Kompression der Carotiden zur kurz dauernden Betäubung. Man schaltete damit das Gehirn aus. Neben Mandragora, Stechapfel und Brechnuss wurde noch vieles andere verwandt. Die Chinesen kannten die narkotische Wirkung von Opium und Haschisch. Im 9. Jahrhundert tauchten die sogenannten Schlafschwämme auf, die mit jenen überlieferten Substanzen getränkt und den Patienten vorgehalten wurden. Allerdings gestatteten alle diese Verfahren keine genaue Dosierung. Wegen der sicher zahlreichen Zwischenfälle und aus Furcht vor Strafen sahen sich die Ärzte des 16. bis 19. Jahrhunderts gezwungen, auf eine Schmerzausschaltung zu verzichten. Noch im 18. Jahrhundert sagte der Frankfurter Chirurg Prof. Laurentius Heister: "Derohalben muss ein Chirurg, der diese Operation (Amputation) verrichten will, die Curage haben, sich nicht durch der Patienten Geschrei und den Eitergestank behindern zu lassen." Eine örtliche Betäubung schaffte man durch Auflegen von Eis. Jedoch konnte sich ein Fortschritt in der Chirurgie erst durch die Erkenntnisse von der betäubenden Wirkung bestimmter Gase und Dämpfe anbahnen. Eine bedeutende Rolle spielt hierbei die Entwicklung der Inhalationsnarkose.

B. ENTWICKLUNG DER INHALATIONSNARCOTICA UND DER DAZU GEHÖRENDE GEBRÄUCHLICHEN SYSTEME

1799 entdeckte Hunphrey Davy die erheiternde, berausche und narkotische Wirkung des Stickoxyduls. Obwohl er auf die Anwendung zur Schmerzausschaltung bei Operationen hinwies, fand er kein Gehör. Nur zur Erheiterung liess man Lachgas-Inhalationen vorführen. Erst 1844 liess sich Horace Wells unter Inhalation von Stickoxydul einen Zahn extrahieren. Wenig später erlitt er jedoch bei einer Demonstration einen scheinbaren Versager; und so wurde seine Methode zunächst abgelehnt. James Simpson entdeckte die Chloroformnarkose auch anlässlich eines "Gesellschaftsspiels" und übergab sie 1847 der Öffentlichkeit. Ein Jahr zuvor hatte William Morton, nach Selbstversuchen Jacksons, die Äthernarkose öffentlich mit Erfolg vorgeführt. Bereits 1863 konnte Smith über 3.000 Lachgasnarkosen nachweisen. Anfang des 20. Jahrhunderts bürgerte sich das Lachgas auch in Deutschland ein. 1918 verwendete man das Äthylengas (Luckhardt) und

4 Jahre später das Narcylen (Wieland und Gauss) zu Narkosezwecken, das Cyclopropan (Waters) seit ungefähr 1930.

Die Unsicherheit und Ungenauigkeit in der mengenmässigen Dosierung führte zur Entwicklung von Narkoseapparaten.

Die gebräuchlichen Systeme der Inhalationsnarkosen

Bei diesen Narkoseapparaten und -methoden finden Inhalationsnarkotica Verwendung. Es haben sich im Laufe der Zeit verschiedene technische Verfahren entwickelt, die alle von Mortons Äther-Dampfinhalation ausgehen. Ein Inhalationsnarkoticum kann man in offenen oder geschlossenen Systemen zuführen. Gebräuchlich sind heute 4 Verfahren:

- I. Das offene System ohne Rückatmung
- II. Das halboffene System, meist ohne Rückatmung
- III. Das halb geschlossene System mit Atembeutel und regulierbarer Rückatmung
- IV. Das geschlossene System mit Rückatmung.

Bei ihm unterscheiden wir wieder zwei Arten:

- a) Das Pendelsystem
- b) Das Kreisatemsystem

(Die Bezeichnungen beziehen sich auf den Rückfluss der Expirationsluft)

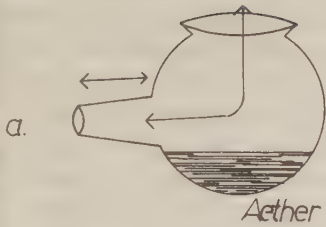
I. DAS OFFENE SYSTEM OHNE RÜCKATMUNG

Beim offenen System (Tropfnarkose) kann die Expirationsluft des Patienten in die Umgebung entweichen. Dieser Vorgang bietet eine gewisse Sicherheit gegen Überdosierung. Ausserdem fehlt jeder Atemwiderstand, was ja besonders bei Kindern und alten Menschen wichtig ist.

Die verschiedensten Maskengestelle, überzogen von Gazelagen, finden hierbei Verwendung. Am weitesten verbreitet ist die Schimmelbuschmaske, die auf Mortons Wulf'sche Flasche zurückgeht.

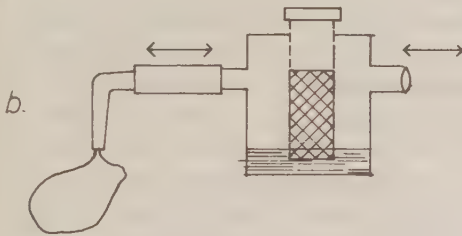
Die Wulf'sche Flasche, eine gläserne Kugel, hat seitlich eine röhrenförmige Öffnung, in die der Patient direkt oder durch einen Gummischlauch atmete und oben eine Öffnung. Durch diese Flasche erfolgte Ein- und Ausatmung der Ätherdämpfe.

Abgewandelte Formen sind nach Killian-Weese die primitive Kanistermethode ohne Ventile (b), die Kanistermethode mit Ätherdosierung und die Methode mit dem Flagg'schen Trachealtubus.

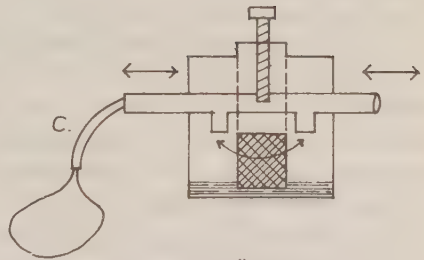


Mortons Wulf'sche Flasche
für die erste Äther-Narkose

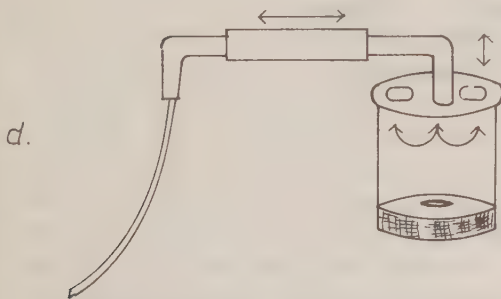
Abgewandelte Formen:



Ätherkammer im Hauptstrom.
Dosierungsmöglichkeit nur
durch Lüften der Maske



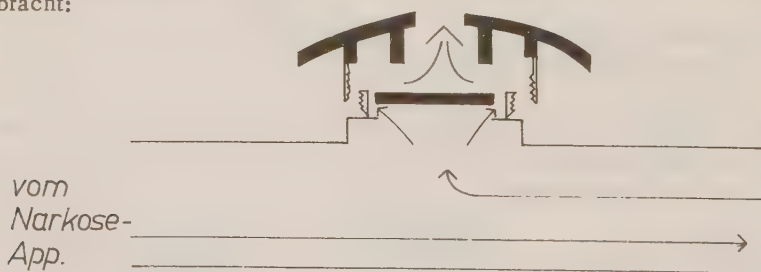
Desgleichen Ätherkammer
in den Nebenschluss verlegt.
Ätherzufuhr regulierbar
(evtl. mit Ventilen).

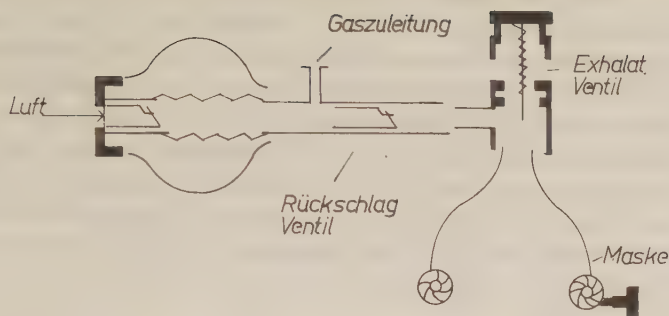


Primitive Kanistermethode
nach Flagg für intratracheale
Äther-Narkose.

Schon bald (1849) ging man zur Tropfnarkose über. Ihren Vorteilen - relative Sicherheit gegen Überdosierung des Narkoticums und Fehlen des Atemwiderstandes - stehen auch Nachteile gegenüber. Durch das in die Umgebung ausgeatmete Gasgemisch erhöht sich die Explosionsgefahr. Um die nötige Narkosetiefe zu erlangen und beizubehalten wird eine grosse Menge des Narkoticums verschwenderisch verbraucht. Ausserdem kann es durch die Ätherverdunstung zu einer Kälteschädigung des Gesichtes, hauptsächlich der Augen kommen. (Bedecken der Augen!) Bei jeder Verdampfung von Äther wird Wärme verbraucht und der Umgebung entzogen. Um 1 g Äther bei gleichbleibender Temperatur zu verdampfen braucht man ca. 90 Kalorien. Hierdurch Abkühlung der umgebenden Teile (Eis, Schnee).

II. DAS HALBOFFENE SYSTEM





Äther-Inhalor nach Kay-Orton-Renton

III. DAS HALBGESCHLOSSENE SYSTEM

Beim halbgeschlossenen Atemsystem gebraucht man bewusst die teilweise Rückatmung mit oder ohne Ventile, was zu erheblicher Einschränkung des Narkotiums führt. Ausserdem besitzen diese Geräte sowohl Atembeutel, als auch regulierbare Rückatmung und Gaszuleitung.

IV. DAS GESCHLOSSENE SYSTEM

Diesen 3 Atemsystemen steht das geschlossene System gegenüber, das sich immer mehr durchsetzt. Die Expirationsluft geht hier nicht mehr ganz oder teilweise in die Umgebung, sondern bleibt im System und kehrt zum Patienten über einen Absorber zurück. Der Absorber bindet das ausgeatmete Kohlendioxyd.

1. Allgemeines

Stephen Hales beschrieb schon 1727 das geschlossene System. In der Anaesthetie wurde es erstmalig von John Snow (um 1850) verwendet. 1915 experimentierte D.E. Jackson im Tierversuch. Er entwickelte einen Apparat, bei dem Natrium- und Kalzium-Hydroxyd bei O_2 -Zufuhr als Absorbens diente. Aber erst 1924 wurde das geschlossene System endgültig in die Narkosetechnik eingeführt. In ihm bilden Lunge, Trachea und Narkosegerät eine geschlossene Einheit. Der Druck, dessen Höhe den jeweiligen Blähungszustand der Lunge bestimmt, ist regulierbar. Die Lunge kann gebläht oder entspannt werden, je nach dem Druck oder Nachlassen des Druckes auf den eingebauten Atembeutel. Das System ist also vollständig von der Umgebung abgeschlossen. Durch eine Dosiervorrichtung wird das nötige Frischgas zugeleitet. Beim Erreichen der bestimmten Narkosetiefe braucht man dann praktisch keine Narkotica mehr zuzugeben. Fürniss rät nur die verbrauchte Sauerstoffmenge (250-500 ccm/min) zuzuführen und die geringe Menge Narkotikum, die während lang dauernden Narkosen durch die Haut oder das Operationsgebiet verdunstet.

Erst durch dieses System war es auch in Deutschland möglich die teuren Narkosegase (Stickoxydul und Cyclopropan) zu verwenden, da ja der Verbrauch dieser Narkosemittel dadurch ungeheuer herabgesetzt wird. Die Explosionsgefahr ist erheblich verringert. Ausserdem kann die fehlende oder ungenügende Eigenatmung des Patienten durch den eingebauten Atembeutel ersetzt bzw. unterstützt werden. Allerdings treten auch zusätzliche Komplikationen auf, die die Frage aufwerfen, ob man das geschlossene System im jetzigen Umfang beibehalten soll.

Die Entwicklung der Narkose mit geschlossenem Atemsystem führte zu zwei verschiedenen Verfahren. Wir haben das Kreissystem oder closed circle und das Pendelsystem oder to - and - fro system.

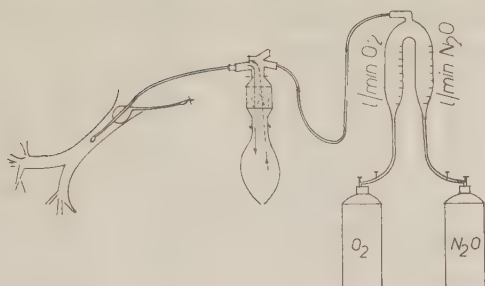
2. Die Pendelatmung

Gebraucht man die Pendelatmung ohne CO_2 -Absorption, so muss eine Mindestgasmenge von 4 - 6 l/min zufließen, um einem zu grossen CO_2 -Anstieg im Atembeutel entgegen zu wirken. Nur ein Teil der ausgeatmeten Luft geht in den Atembeutel zurück, der andere strömt nach aussen durch ein maskennahes Expirationsventil (halbgeschlossenes System).

Ist nun das System vollkommen geschlossen, so dass die Expirationsluft immer wieder eingeatmet wird, so ist eine Elimination des CO_2 nötig. Man erreicht dies durch einen mit sogenanntem "Atemkalk" gefüllten Absorber, der zwischen Atembeutel und Narkosemaske eingeschaltet wird. Nun gebraucht man im Schnitt nur noch ca. 400 ccm O_2 pro Minute.

Schon 1923 entwickelte Waters das Pendelsystem. In ihm gehen Ein- und Ausatemluft durch den mundnahen Absorber. Sie pendeln hin und her. Der Atemwiderstand ist sehr gering nach V. Feurstein ungefähr halb so gross - 3 mm Wasser bei 10 l/min - wie der des Kreissystems. Deshalb wird diese Methode gerne in der Kinderchirurgie gebraucht mit kleinen Spezialabsorbern. Auch in der Intratrachealnarkose wird sie wegen ihrem kleinen Totraum verwendet. Allerdings wird dieser Totraum durch den kontinuierlichen Verbrauch des Atemkalkes vergrössert, so dass der kleine Kinderabsorber öfters umgesteckt werden muss. Bei der Ausatmung wird also die CO_2 eliminiert und ein Teil der Feuchtigkeit abgegeben. Dazwischen geschaltete Ventile fehlen. Nach Feurstein (10) soll die Kohlensäure-Absorption nahezu 100 %ig sein. Allerdings entsteht beim chemischen Prozess der CO_2 -Eliminierung eine ungeheure Wärmeentwicklung, die sich für den Patienten sehr nachteilig auswirken kann. Auch muss der Alkalidunst unmittelbar eingeatmet werden. Von Vorteil ist jedoch die einfache Bauweise der Apparatur und der geringe Atemwiderstand. Jedoch sollte der Absorberkanister vor Gebrauch geschüttelt und durchgeblasen werden, um ihn staubfrei zu machen. (Wegen dem mundnahen Absorber muss einer Kalkteilchenaspiration vorgebeugt und die Pneumoniegefahr verringert werden). Diese Methode ermöglicht die Durchführung moderner Lungen- und Thoraxoperationen. Sie ist u.a. auch in England gebräuchlich und findet besonders bei den Foregger-Apparaten Anwendung.

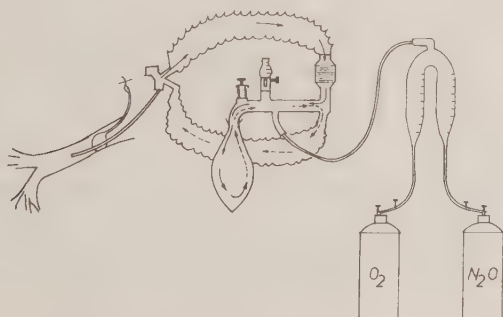
Schema der Pendelatmung



3. Die Kreisatmung

Bei der Narkose mit Kreisatemsystem verbinden zwei Schläuche Maske oder Tubus mit dem Absorber. Ein Schlauch bringt die Ausatemluft vom Patienten zum Absorber, der andere die Einatemluft vom Absorber zum Patienten hin. Zwei Ventile steuern die Richtung des Gasstromes. In das System sind ausserdem Atembeutel, Frischgaszufuhr, eine Ätherzusatzvorrichtung und Maske oder Tubus eingebaut. Durch die langen Atemschläuche und Ventile ist der Atemwiderstand grösser als im Pendelsystem. Doch hier bleibt die Atemluft frei von Alkalidunst und die Wärme in den Schläuchen ist durch den längeren Weg nicht so hoch ($31-33^{\circ}\text{C}$ nach Klose - Wittig) (1) wie im Pendelsystem. In Deutschland verwendete die Firma Dräger zum erstenmal 1923 bei dem Lachgas- und Narcylen-Narkoseapparat die Methode der Kreisatmung. In Amerika wird der Heidbrink-Apparat nach diesem Prinzip gebaut. In einigen Heidbrink-Apparaten sind zwei Absorberkammern eingebaut. Bei Überhitzung oder Erschöpfung der einen kann man auf die zweite umschalten und braucht nicht auszuwechseln. Foregger baute die ersten Modelle mit Lippenventil. Fürniss und Haupt (Drägerwerk) konstruierten ein einfaches, leicht sterilisierbares Kreisatemgerät. Das ganze Kreislaufsystem ist auswechselbar.

Schema der Kreisatmung (Lezius, ¹¹⁵)



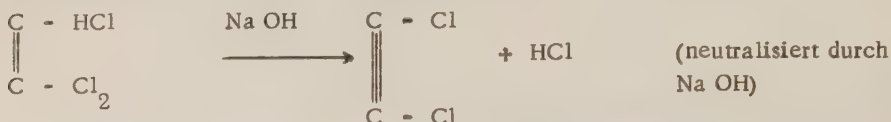
Sowohl im Pendel- als auch im Kreisatemsystem können Gase und Äther verwendet werden. Es dürfen aber keine Mittel Verwendung finden, die Chlor enthalten, wie Halogen-Verbindungen, Chloroform, Trichloräthylen, Chloräthyl u. a. . Das Trilen (Trichloräthylen) zersetzt sich nämlich durch Licht- und Wärmeeinwirkung zu Phosgen und Salzsäure.



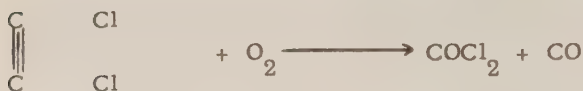
Mit Natronkalk

Dichloracetylen

(Vourch, 41)



Dichloracetylen spaltet sich dann in Phosgen und Kohlenoxyd:



Diese Reaktion tritt wahrscheinlich bei Verwendung im geschlossenen System ein, besonders wenn der Atemkalk viel exotherme Wärme erzeugt und reich an Natrium ist.

Viele Zwischenfälle und Todesfälle wurden beschrieben (Morton, Ostlere, Barnes, Ives u. a.). Trilen soll also nur in Apparaten ohne Atemkalk (ohne CO_2 -Absorption), z. B. im (halboffenen) Apparat vom Typ Boyle verwendet werden.

Zum Schluss noch eine Gegenüberstellung der Vor- und Nachteile der Pendel- und Kreisatmung von Hüglin. (Killian-Weese, (3).

4. Gegenüberstellung der Vor- und Nachteile der Pendel- und Kreisatmung von Hugin

Pendelatmung

- 1) Relativ grosses und schweres Gerät am Kopf des Patienten, etwas schwierig zu placieren. Wird deshalb mit Vorliebe zusammen mit Intubation und direkter Tubus-Apparat-Verbindung gebraucht.
- 2) Starke Erwärmung der Atemgase, welche häufigeres Auswechseln des Absorbers nötig macht.
- 3) Staub, der sich im Absorber bildet, wird teilweise eingeatmet, kann Reizung der Schleimhäute bewirken. Deshalb wird Baralyme, dessen Staub weniger kaustisch wirkt als Absorbersubstanz vorgezogen.
- 4) Alle Teile können leicht desinfiziert werden, deshalb bei Tb. günstiger.
- 5) Sehr geringer Atemwiderstand, günstig für Kinder und alte Leute.
- 6) Im Ganzen einfachere Konstruktion mit weniger verletzlichen Teilen. Geeignet für Spital- wie auch Feldverhältnissen.

In Pendel- oder Kreisatmungssystemen können nur die Gase und Äther, sollen aber keine Halogenverbindungen, Chloroform, Chloräthyl verwendet werden. Trilen wird durch Soda zersetzt und darf niemals im Atemsystem mit CO_2 -Absorption verwendet werden.

Kreisatmung

- 1) Am Kopf des Patienten nur die Maske und Atemschläuche, alles was schwer ist, befindet sich auf einem Ständer. Eignet sich zum Gebrauch mit und ohne Intubation.
- 2) Gase erreichen den Patienten nur mässig erwärmt.
- 3) Staub wird nicht eingeatmet, sondern schlägt sich im Gerät nieder. Alle guten Absorbersorten eignen sich.
- 4) Maske und Atemschläuche sind leicht, die übrigen Teile sind schwieriger zu desinfizieren.
- 5) Etwas grösserer Widerstand wegen Ventilen und längeren Verbindungsstücken. Für kleine Kinder und schwächliche Leute ungeeignet.
- 6) Etwas komplizierte Konstruktion, mehr verletzliche Teile, aber unter Spitalverhältnissen bequemer zu Arbeiten.

C. WIE KOMMEN IM MENSCHLICHEN KÖRPER WÄRMESCHÄDEN ZUSTANDE?

I. WÄRMEREGULATION

1. Allgemeine Betrachtung

Grundsätzlich können wir bei der Betrachtung der Körpertemperatur zur Umgebungstemperatur bei Tieren drei Arten unterscheiden. Wir haben die Kaltblüter (poikilotherme), deren Eigentemperatur fehlt. Die Körpertemperatur ist ganz abhängig von der Aussentemperatur und nimmt mit ihr zu und ab. (Bei Erhöhung der Temperatur werden Umsatz und Reaktion gesteigert!) Die Körpertemperatur der Warmblüter, zu denen ja auch der Mensch zählt, ist konstant und im wesentlichen unabhängig von der Temperatur der Umgebung. Auch die Reaktionsfähigkeit bleibt im normalen Zustand gleich. Eine Zwischenstellung nehmen die Winterschläfer ein, die im Sommer der zweiten, im Winter der ersten Art ähneln. Die Wärme entsteht bei den Oxydationsvorgängen im Körper und durch Muskeltätigkeit. Ein Wärmeregulationszentrum sorgt für gleichbleibende Temperatur. Beim Menschen soll die übergeordnete Stelle des Wärmezentrums im Zwischenhirn liegen. ((Hypothalamus (tuber cinereum) und corpus striatum (hpts. nucl. caudatus)).

2. Wärmeregulierung beim Erwachsenen

Der Erwachsene besitzt normalerweise eine gut ausgebildete Wärmeregulation. Wir unterscheiden die chemische Wärmeregulation, die vor einer Unterkühlung schützt, durch eine Änderung der Wärmeproduktion und die physikalische Wärmeregulation gegen Überhitzung durch Änderung der Wärmeabgabe (Leitung, Strahlung, Fortpflanzung, Verdunstung). Die Körpertemperatur bleibt konstant bei ungefähr 37°C.

3. Wärmeregulation beim Kind

Über die Entwicklung und Reaktion der kindlichen Wärmeregulation gehen die Meinungen auseinander. R. Seraphin (32) zeigt anhand von strömungskalorimetrischen Experimenten, dass sogar bei Frühgeborenen und Säuglingen die Reaktion der vasomotorischen Wärmeregulation auf thermische Reize ebenso schnell und genau kommt wie bei den Erwachsenen. Er führt die "Thermolabilität" auf das ungünstige Oberflächen-Volumen-Verhältnis der Säuglinge und Kleinstkinder zurück und nicht wie Killian und Dönhardt (29) auf eine noch nicht "eingespielte", unreife Wärmeregulation ohne eine selbständige Steuerung sowohl in der Wärmeproduktion, als auch Wärmeabgabe durch periphere Vasomotoren. Letztere glauben, dass der Organismus des Säuglings je nach der Umgebungstemperatur abkühlt. Allerdings soll der sehr kleine Muskelstoffwechsel hier eine Rolle spielen. Es kann bei Abkühlung nicht genügend Zusatzwärme gebildet werden. Einer Überhitzung gegenüber ist ein Kind ebenso hilflos und vermag eine Wärmestauung noch nicht auszugleichen.

Die Wärmeregulation schafft also einen Ausgleich zwischen Wärmeproduktion und Wärmeabgabe. Dieses Gleichgewicht kann jedoch unter unphysiologischen Umweltbedingungen erheblich gestört werden, so dass es zu einer Unterkühlung eines Organismus oder zu einer Überhitzung und Wärmestauung kommen kann.

II. WÄRMESCHÄDEN DURCH SONNENSTICH UND HITZSCHLAG, ALS ANALOGON ZU DEN WÄRMESCHÄDEN BEI APPARATNARKOSE IM GESCHLOSSENEN SYSTEM

Eine Wärmestauung entsteht, wenn sich Wärmeproduktion bzw. -Zufuhr und Wärmeabgabe nicht mehr die Waage halten. Die Wärmeabgabe geschieht wie bekannt auf physikalischem Wege durch Strahlung, Fortpflanzung, Leitung und Verdunstung. Sind diese 4 physikalischen Prozesse sehr eingeschränkt oder unmöglich, so wird das normale Gleichgewicht gestört und es kommt zur Überwärmung. Dies kommt vor, sowohl beim Sonnenstich und Hitzschlag, als auch bei der Apparatnarkose im geschlossenen System mit CO_2 -Absorption. Zunächst die Wärmeschäden, die bei Hitzschlag und Sonnenstich auftreten können.

Den Hitzschlag vom Sonnenstich genau abzugrenzen ist kaum möglich. In beiden Fällen ist die exogen bedingte Hyperthermie entscheidend. Auch die pathologisch-anatomischen Befunde gleichen sich sehr. Klinische Beobachtungen allerdings zeigen die Unterschiede in beiden Fällen an.

1. Der Hitzschlag

Der Hitzschlag entsteht, wenn die ausgleichende Wärmeabgabe des Organismus eingeschränkt ist. Besonders im Hochsommer beim Arbeiten in starker Sonnenbestrahlung oder bei feuchter, schwüler, unbewegter Luft und trüber Atmosphäre (z.B. vor sommerlichen Gewittern) kommen Hitzschläge gehäuft vor. Wir können sie aber auch beobachten bei lang dauernden Märschen, in engen, geschlossenen Kolonnen an heißen Tagen. Die Möglichkeit einer Abstrahlung und damit Abkühlung ist hier sehr behindert. Besonders gefährdet sind auch die sogenannten Caisson-Arbeiter, Schiffsheizer und Feuerwehrleute, die gezwungen sind, sich lange in der Nähe grosser Brandherde aufzuhalten. Die schweissfeuchte Luft unter der dicken Kleidung verhindert ebenfalls eine Wärmeabgabe. Katsch (34) schreibt: "Ist Schweissbildung das stärkste Mittel zur Wärmeabgabe, so wird diese bei übertriebener Bildung von tropfbarem Schweiss wiederum verschlechtert (Überreaktion)."

Schlechte Kreislaufverhältnisse, hohes Alter, schwächende Krankheiten, Blutverlust, Hunger, Fettleibigkeit und Alkoholgenuss begünstigen einen Hitzschlag, wie auch ungewohnter Aufenthalt in feuchter, heisser Tropenluft. (Nach Dennig sollen in den Tropen Körpertemperaturen bis zu 46° gemessen worden sein!) Marchand nimmt an, dass ausser einer Wärmestauung bei den höchsten beobachteten Graden bis 46° rectal eine regulatorische Störung zentralen Ursprungs

vorliegt.

Die Empfindlichkeit gegenüber starker Sonnenbestrahlung ist "von Mensch zu Mensch verschieden". Neben Bekleidung und klimatischen Bedingungen ist die Leistungsfähigkeit der physikalischen Wärmeregulation sehr bedeutend. Für den Hitzschlag eigentümlich ist der steile Anstieg der Blut- und Körpertemperatur. Wie Lenggenhager 1947 bewies, kann der menschliche Organismus eine endogene Fieberform viel besser ertragen, als eine physikalische Hyperthermie. Obwohl schon 41°C für gefährlich gehalten werden, wurden Temperaturen bis zu $43-44$, ja 46°C (siehe S. 15) gemessen. Die Gefährlichkeit dieser Temperaturen ist einleuchtend, wenn man bedenkt, dass ca. 45°C die unterste Grenze der Eiweissgerinnung ist. Nach Katsch kommen Kranke mit mehr als $41,5^{\circ}\text{C}$ zu etwa 50% ad exitum. Jedoch soll eine Wiederherstellung auch bei $43,5^{\circ}\text{C}$ beobachtet worden sein.

Die Kranken haben meist ein cyanotisch verfärbtes, geschwollenes Gesicht, gerötete Konjunktiven. Der Puls ist beschleunigt, die Atmung wird frequenter. Heftige Kopfschmerzen, Blutandrang zum Kopf, Übelkeit, Schwäche, Flimmern vor den Augen, Farbsehen, Schwindel, Ohrensausen, unsichere-wackelige Bewegungen sind die subjektiven Beschwerden. Manche Kranken leiden an Wadenkrämpfen. Auch Leibschmerzen, Koliken und Erbrechen sind beobachtet worden. In dieser Phase ist die Prognose verhältnismässig gut. Allerdings sind die Aktionen des Herzens oft schon unregelmässig, die Herztöne werden schwach. Nimmt man Lumbalpunktion vor, so ist der Liquor oft blutig mit vielen Leukocyten. Der Liquordruck ist erhöht. Der Blutdruck, der im Anfang erhöht war, fällt und mit ihm parallel der Liquordruck. Alles deutet auf einen Kreislaufkollaps hin. Die Atmung wechselt, wird oberflächlich, oft stark verlangsamt. Alle Grade der Bewusstseinsstörung sind zu sehen. Oft sind es leichtere Ohnmachten oder kurzes Coma, Dämmerzustände, dann wieder epileptiforme Anfälle, tetanusartige Krämpfe, Delirien, Halluzinationen. Die Reflexe sind anfänglich gesteigert. Das Blutbild ändert sich. Katsch fand eine Linksverschiebung mit 24 % Stabkernigen ohne Leukocyten und erhöhte BSK. Die Ery-Zahl ist verringert, der einzelne Ery ist Hb-arm (Hypochrom). Durch Wasser- und Salzverlust wird das Gleichgewicht des Mineralstoffwechsels gestört. Es kommt zur Bluteindickung und Erhöhung der Viskosität. Man beobachtet Vasodilatation und Behinderung (Einengung) der strömenden Blutmenge. Hypoxie und Anoxie sind die Folgen. Gehirn- Leber- und Nierenzellen werden geschädigt. Überall treten kleine Blutungen auf. Pathologisch-anatomisch findet man sie hauptsächlich im Gehirn, in der Hirnhaut, in den Lungen und unter den Herzhäuten. Die Liquorräume füllt eine trübe Flüssigkeit. Das Gehirn ist hämorrhagisch und erheblich geschwollen. Auch im EEG sah man Veränderungen.

2. Der Sonnenstich

Beim Sonnenstich findet man ebenfalls Blutungen. Sie sind jedoch begrenzter, umschriebener. Man sieht sie zusammen mit Erweichungen an den von der Sonnenbestrahlung direkt erfassten Bezirken. Eine Gehirnpurpura mit Hyperämie und Papil-

lenstauung kann bei Venenüberfüllung und akuter Erweiterung des rechten Herzens zum Exitus führen.

Der Sonnenstich entsteht hauptsächlich bei intensiver Sonnenbestrahlung ohne Kopfbedeckung und in unveränderter Stellung. Die Pigmentierung und Behaarung der Kopfhaut, sowie Dicke der Kopfschwarte und Schädelkalotte und der Strahleneinfallswinkel sollen von Bedeutung sein.

Die Ansichten über die Mitwirkung der Strahlung gehen auseinander. Nach P. Schmitt (Dennig 33) treten die Schädigungen dadurch auf, dass im sonnenbestrahlten Kopf angesammelte Wärme auf das Gehirn abgeleitet wird. Bestimmt weiss man, dass das Gehirn Wärme gegenüber sehr empfindlich ist und dadurch unschwer cerebrale Schädigungen auftreten können. In jedem Fall ist eine WärmeRetention mit beteiligt. In kalter, trockener Luft hat man noch keinen Sonnenstich beobachtet. Während man also mit Hitzschlag die Folgen einer Wärmestauung bezeichnet, die bei erheblicher Wärmezufuhr durch hohe Umwelttemperaturen (hochsommerliche Hitze) in feuchter, unbewegter Luft ohne die ausgleichende Wärmeabgabe im menschlichen Organismus - hauptsächlich im ZNS - entstehen, so versteht man unter Sonnenstich Folgeerscheinungen, die nach intensiver und lang dauernder Bestrahlung des Kopfes ohne Sonnenschutz auftreten und denen des Hitzschlages sehr ähneln.

3. Prophylaxe, Therapie und Prognose

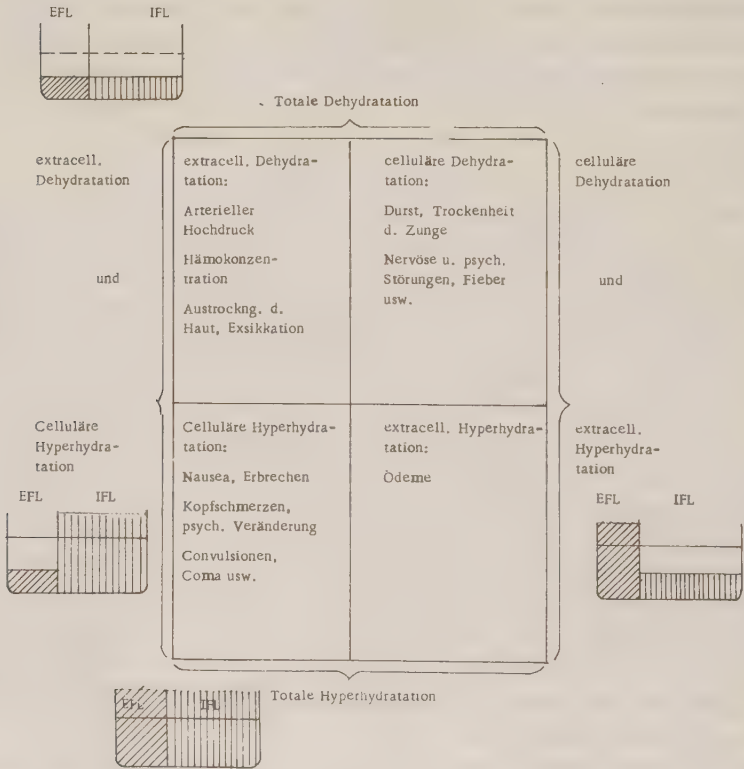
Bei der Verhinderung dieser Krankheitsbilder spielt die richtige Prophylaxe eine grosse Rolle. Wichtig ist vor allem zweckentsprechende Kleidung und Sonnenschutz gegen direkte Bestrahlung des Kopfes. Menschen, die in heisser Umgebung arbeiten oder marschieren müssen sollten genügend Pausen zur Abkühlung einlegen, ausserdem zur Hitzeanpassung trainieren, den Alkohol meiden und des öfteren Kochsalz und Flüssigkeiten zu sich nehmen. Kommt es doch zum Sonnenstich oder Hitzschlag, muss man als erstes für Wärmeverlust sorgen. Der Kranke wird aus der Gefahrenzone in eine kühlere, (schattige) Umgebung gebracht und entkleidet. Kühle Abwaschungen und Ventilationen bringen die gefährlich ansteigende Temperatur der Kranken zum Sinken. Pferdekuren zur Abkühlung sind nicht angezeigt. Allerdings schlagen Ladell und Talbott kalte Bäder vor; auch eisgekühlte Rectaleinläufe und von Kroetz eine vorsichtige Injektion (i.v.) kalter Ringerlösung nur bei Bewusstlosen werden empfohlen, evtl. sind Lumbalpunktionen gegen Hirndruck angebracht. Oft sind Kreislaufmittel, Herzmassage und künstliche Atmung mit Sauerstoffgaben indiziert. Killian und Dönhardt (29) empfehlen eine künstliche Unterkühlung mit Potentialgemischen, die schon am Unfallort in die Wege geleitet werden kann. "Hierzu werden je 1 - 2 ccm Dolantin - Atosil (in einer Spritze) langsam injiziert und diesem Gemisch später, d.h. nach 1 - 2 Stunden, nötigenfalls Megaphen hinzugefügt. Eine solche Behandlung erscheint gerechtfertigt, da man mit ihr bei allen zentralen Hyperthermien Erfolge erzielt."

Die völlige Wiederherstellung bei leichteren Krankheitsfällen zieht sich oft lange Zeit hin. Die subjektiven Beschwerden wie Vergesslichkeit, Kopfschmerzen, allgemeine Mattigkeit, gesteigerte Reizbarkeit bilden sich erst allmählich - oft nach Monaten - zurück. Schwerere Fälle zeigen oft ernste Folge oder führen ad exitum.

4. Ursachen der Hitzestörungen nach Dönhardt und Killian

Diese Hitzestörungen sind nach Dönhardt und Killian (29) "im wesentlichen akute Störungen des Salz-Wasserhaushaltes und ein hiermit zusammenhängendes Versagen des Kreislaufes durch Überbelastung im Dienste der physikalischen Wärmeregulation bei abnormem Salz- und Wasserverlust mit Versagen der Zentren."

Es gibt 4 Grundformen einer Störung des Salz-Wasserhaushaltes;



EFL = extracell. Flüssigkeit
IFL = intracell. Flüssigkeit

Schema nach Hamburger - Richet - Grossier
aus "Ré animation médicale" usw. Flammarion 1954

Analog zeigt sich eine Überhitzung mit evtl. Wärmestauung als Folge einer Störung des Gleichgewichtes, Wärmeproduktion bzw. - Zufuhr und Wärmeabgabe, auch bei der Apparatnarkose im geschlossenen System.

III. WÄRMESCHÄDEN DURCH WÄRMESTAUUNG BEI APPARATNARKOSE IM GESCHLOSSENEN SYSTEM MIT CO₂-ABSORPTION

1. Komplikationen und anschliessende Experimente

Todesfälle, die im Hochsommer in feucht-schwülen Operationssälen und unter Verwendung der Apparatnarkose im geschlossenen System mit CO₂-Absorption (sowohl Kreis- als auch Pendelatmung) eintraten, führten dazu, dass das Augenmerk auf das geschlossene Atemsystem gerichtet wurde. Immer wieder nämlich ereigneten sich Zwischenfälle, die nach anfänglichen Irrmeinungen an eine Überhitzung der Patienten mit folgender Wärmestauung denken liessen.

Anlässlich der 69. Tagung der Deutschen Gesellschaft für Chirurgie im Jahre 1952 berichtet Hüglin (15) von einem Patienten in mittleren Lebensjahren, der einen Trachealtubus eingeführt und eine Apparatnarkose im geschlossenen Kreisatemsystem bekommt. Der operative Eingriff, der wegen eines Bruches des Oberschenkels vorgenommen wird, ist nicht einfach und zieht sich einige Stunden hin. Obwohl der Kranke unbehindert atmen kann und seine Körperflüssigkeit richtig ersetzt wird, bemerkt man eine Beschleunigung von Atmung und Kreislauf-tätigkeit. Man kann sich dies zunächst nicht erklären, beobachtet dann am Patienten aber eine bläuliche Verfärbung, eine unnormal hohe Temperatur der Haut und Rectaltemperatur von 42,6°C. Bald danach kommt der Kranke ad exitum. Eingeleitete "Wiederbelebungsversuche des Herzens" sind vergeblich. Die Operation fand im Hochsommer statt. Die Temperatur im Operationssaal soll nahezu unerträglich feucht-heiss gewesen sein.

Hikasa, Ogata und Sato (16) berichten ebenfalls von einem Zwischenfall. Auch sie verwendeten nach trachealer Intubation das geschlossene Kreisatemsystem. In der Regel machen sie zuvor eine "Oberflächenanaesthesie" des Pharynx, Larynx und nach Möglichkeit der Trachea mit 5 %iger Cocainlösung und geben danach die Einschlafdosierung (Thiopental-Ravonal) evtl. d-Tubocurarin (Amelizol) i. v. Die Maske, welche sofort nach der Injektion der Einschlafdosierung zur Inhalation von Lachgas-Sauerstoff aufgesetzt worden war, wird nach kurzer Hyperventilation der Lungen abgenommen. Wie bei obigem Zwischenfall erfolgt dann der Anschluss an das geschlossene Kreisatemsystem. Als Narkosemittel verwendete man meist Äther-Sauerstoff mit N₂O eingeleitet. Wieder - wie bei Hüglin - fand die Operation mitten im Sommer und bei hohen Temperaturen des Operationssaales statt.

Da an eine Wärmestauung mit ihren tödlichen Folgen gedacht wurde, versuchte man experimentell diese Annahmen zu untermauern. Man versuchte unter gleichen Verhältnissen Hunde zu narkotisieren. Die Temperatur der Umgebung

wurde über 20°C erhöht. Nach Intubation wurden alle Hunde an ein Kreisatemsystem angeschlossen und Äther-Sauerstoff zugeführt. Die Körpertemperatur stieg rasch. Eine rectale Messung ergab 42°C. An dieser Überhitzung gingen die Tiere zugrunde.

Nachdem auch bei Bigler und Mc Quiston (31) zwei Todesfälle vorgekommen waren, die eindeutig durch eine Hyperpyrexie (Überhitzung) verursacht wurden, gingen sie daran, die Temperaturen während und nach der Narkose mit einem thermoelektrischen Gerät (explosionssicher) zu messen. Die Untersuchungen erfolgten an 215 Kindern, die 3 Tage bis 13 Jahre alt waren. Die Narkose erfolgte im Pendelsystem mit endotrachealer Methode. Als Narcoticum wurde Cyclopropan gegeben. Während der Operation - es waren meist thorakale Eingriffe - kühlte man 102 Kinder mit einer Wassermatratze. Bei keinem der Untersuchten stieg die Temperatur über 38,9°, bei 39,2 % wurden über 37,8° gemessen. 12 Kinder kühlte man mit Eisbeuteln. 2 davon hatten Temperaturen bis 40°, 4 Kinder bis 38,3°. Die 6 übrigen zeigten normale Körpertemperaturen. Die Kontrollgruppe zählte 101 Kinder. Hier wurden gemessen: Bei 62,3 % Temperaturen über 37,8°, bei ca. 7 % bis 40°, bei 15 bis 39,4° und bei 17 bis 38,9°. Bei Temperaturen über 38,9° erfolgten die Operationen meist in den Monaten April bis September.

Clark, Orkin und Rovenstine (14) in New York beobachteten in ihrer Klinik die Narkose und ihre Technik viele Jahre lang. Sie erkannten die Gefahren des Hitzeproblems und dies besonders während mehrerer Monate im Jahr an denen im OP. hohe Temperaturen und Feuchtigkeit herrschte. Trotz aller Beobachtungen und Wachsamkeit hatten in den letzten Jahren 2 Kinder und 1 Erwachsener (adult) während der Narkose Krämpfe (convulsions) verbunden mit Überhitzung (hyperpyrexia). Die 3 Patienten hatten alle eine Peritonitis, die teils von einer perforierten Appendix, teils von den Folgen einer subtotalen Gastrectomie kamen. Die chirurgischen Eingriffe wurden auch hier in den Sommermonaten vorgenommen. Die OP.-Temperatur war fast bei 90°F = 32,2°C und es herrschte eine hohe relative Feuchtigkeit. Obwohl den Krämpfen ein enormer Temperaturanstieg vorausging, konnten die Krämpfe unter Kontrolle gehalten, das Fieber reduziert und ein infau-ster Ausgang abgewendet werden.

Wie zuvor berichtet, hatten Bigler und Mc Quiston besonders auf die Folgen der Überhitzung bei Kindernarkosen hingewiesen.

2. Ursachen des Auftretens von Überhitzungen

Knight (122) gibt neben den gasförmigen Mitteln auch der erhöhten Raumtemperatur während der Sommermonate die Schuld und ebenfalls dem dabei verwendeten Atemsystem mit CO₂-Absorption, den lang dauernden Eingriffen und dem Abdecken mit schweren sterilen Tüchern. Immer stieg dabei die Körpertemperatur.

Auch Searles und Lenahan (123) stellten Untersuchungen während der Narkose an. Sie erkannten ebenfalls den Zusammenhang von Körpertemperatur und Umge-

bungsbedingungen und ihre Folgen.

Burstein und Mark (124) sehen die Ursache der Überhitzung im Kohlendioxyd-Absorber, und da hauptsächlich bei Apparatnarkose im geschlossenen Pendelsystem.

Die meisten Autoren stimmen darin überein, dass eine Überhitzung mit Wärmestauung besonders dann auftritt, wenn zu Narkosezwecken die sogenannten Rückatemsysteme verwendet werden.

Begünstigt wird die Wärmestauung durch langdauernde chirurgische Eingriffe, hohe Temperaturen im OP.-Saal (z.B. im Hochsommer) hoher Feuchtigkeitsgehalt der Umgebung, Abdeckung mit schweren sterilen Tüchern und eben die Narkose, die ja im Stadium III₁ u. ₂ die Wärmeregulation stört bzw. blockiert und dadurch sowohl einer Hypo- als auch Hyperthermie Tor und Tür öffnet. Die geschlossenen Atemsysteme mit Kohlensäure-Absorption sind also wie geschaffen für eine Überhitzung.

3. Wärmebildung im Atemkalkabsorber

a) Entdeckung und Aufgaben der Absorber

Es ist bekannt, dass man aus Gasströmen die Kohlensäure entfernen kann unter Verwendung von Kalk oder Alkali und in Gegenwart von Wasser, ohne dass die Reaktion nicht abläuft. Bei den Narkoseapparaten versuchte man mit dem Wassergehalt der Expirationsluft den Absorptionsvorgang einzuleiten. Man stellte die verschiedensten Gemische her, um die Kohlensäure zu vernichten. (Nach Stampe (99) enthält die ausgeatmete Luft ca. 40 l Kohlensäure/m³ = ca. 75 g neben ca. 40 g H₂O). Das Wichtigste ist bei der Herstellung dieser Mittel die Zusammensetzung. Die Absorber sollen eine möglichst grosse Leistungsfähigkeit besitzen. Sie müssen darum eine grosse Festigkeit und bestimmte Körnergrösse haben. Auch wird ein möglichst geringer Atemwiderstand gewünscht. Allerdings fürchtet man die bei der physikalisch-chemischen Reaktion entstehende exotherme Wärmebildung.

Schon vor ca. 100 Jahren hatte John Snow versucht, aus den expirierten Narkosegemischen das CO₂ zu entfernen und die Luft den Narkotisierten erneut zuzuleiten. Experimente an Hunden zeigten keinen Erfolg. Die Methode geriet in Vergessenheit. Erst 1906 führte sie Kuhn in die Anaesthesie ein. Man kannte damals schon Narkoseapparate mit 2 Kalipatronen. Die Technik des Kreisatemsystems mit CO₂-Absorbem war schon längst entwickelt als dann Waters 1923 versuchte, sie für die Pendelsysteme anzuwenden. Er richtete damals sein Hauptaugenmerk auf die verminderte Explosionsgefahr und den sparsameren Verbrauch der Narkosemittel. Die Nachteile und Gefahren des geschlossenen Systems wurden erst in den letzten Jahrzehnten erkannt.

Als eigentlicher Entdecker der Kohlensäure-Absorption gilt Jackson, obwohl erst durch die klinische Anwendung von Waters bzw. Sword die Voraussetzungen für das geschlossene System geschaffen wurden.

Jackson verwandte zur CO_2 -Vernichtung Na- und K-Hydroxyd. (Die Zusätze betragen nur wenige Prozente). Das reine Natriumhydroxyd, auch Ätznatron genannt, ist für klinische Zwecke ungeeignet. Durch seine stark hygroskopisch wirkenden Eigenschaften trocknet es die Narkosegasgemische und damit den Respirationstrakt des Patienten zu stark aus und zerfällt leicht - hauptsächlich bei langem Lagern - zu Staub. Wird dieser Staub inspiriert, dies geschieht besonders leicht bei der Pendelatmung durch die dem Absorber sehr nahe Atemmaske, so kommt es zu Reizungen der Schleimhäute mit oft schweren Schädigungen der Atemwege und Lunge. Man soll deshalb jeden Absorberkanister vor Gebrauch durch Schütteln und Durchblasen staubfrei machen.

Heute verwendet man hauptsächlich Ca-Hydroxyd als Hauptbestandteil des sogenannten Atemkalkes. Es ist weniger hygroskopisch und kaustisch. Zu diesem Ca-Hydroxyd gibt man geringe Mengen Na- oder Ba-Hydroxyd, die aktiver absorbieren.

b) Zusammensetzung von Natriumkalk und Bariumkalk

Nach Angaben der Hersteller haben "Natrium- und Bariumkalk" folgende ungefähre Zusammensetzungen:

"Natriumkalk Träger - Indicator - Atemkalk"

Ca (OH) ₂	80 %
Na OH	3 %
H ₂ O	15 %
Fe ₂ O ₃ , Al ₂ O ₃	2 %
MgO, Indikator etc.	

Trotz des kleinen Anteiles von Na-Hydroxyd (hier ca. 3 %) zerfallen manche dieser Kalke leicht. Sie können mit Kieselgur und Zement gehärtet werden. Das hinzugefügte Wasser ist unerlässlich für den Reaktionsvorgang. Manche Autoren (Macintosh und Mushin) raten ungefähr 10 ccm H₂O vor Beginn in den Atemkalk zu spritzen, um die Einleitung des physikalisch-chemischen Vorganges zu beschleunigen und die Staubbildung zu verringern. Der beste deutsche Atemkalk soll (Netzer, Oehmig (48)) der Träger-Indicator-Atemkalk, auch Bonz-Absorptionskalk sein, den allerdings die englischen Sofnol-Kalke übertreffen. Der "Bariumkalk" oder Baralyme wird in den anglo-amerikanischen Ländern verwendet. Er besteht zu 80 % aus Ca(OH)₂ und zu 20 % aus Ba(OH)₂ · 8 H₂O. Hier ist das nötige Wasser an das Ba(OH)₂ gebunden. Wegen der Eigenschaften des Bariums kann man von einer Härtung absehen. Der Bariumkalk soll bei der Kohlensäure-Bindung weniger hohe Temperaturen entwickeln und eine geringe Ätzwirkung besitzen. (Pask, Treweek, Herwick, Rowbotham). Man gibt sogar an, dass bei diesem Mischungsverhältnis die Masse durch Hinzukommen von Luft "im gewissen Umfang regeneriert werden könne". (Zitat nach Killian-Weese). Mushin bevorzugt ein Gemisch von 55 % Ca(OH)₂, 2,5 % NaOH, bei 18 % H₂O-Gehalt 7,5 % Kieselgur zur Härtung und 17 % Zement. Anscheinend ist neben dem Zusatz von Kieselgur (Silikat) auch der Wassergehalt wichtig zur Härtung der Granula.

Ähnliche Zusammensetzungen gebrauchen Gillies, Minnit und Hewer.

c) Absorptionsvermögen und Leistungsfähigkeit

Welchen Atemkalk soll man bei dieser Auswahl nun verwenden?

Bei einer Narkose mit geschlossenem Pendelsystem ist wohl dem Bariumkalk der Vorzug zu geben. Obwohl er in seiner Absorptionsleistung schwächer ist, besitzt er bei evtl. eingeatmeten Staubeilchen - wie schon erwähnt - geringere Ätzwirkung und weniger starke Erwärmung.

Im geschlossenen Kreisatemsystem ist "jede gute Kalksorte" zu gebrauchen. Was versteht man aber unter einem guten Atemkalk?

Nach Barth (49) soll ein Narkosekalk wenigstens 90 % Kohlensäure absorbieren. In der Einatmungsluft sind dann weniger als 0,5 % CO_2 enthalten. Bei grösseren Mengen steigt die zurückgeatmete Kohlensäure an. Bei fortdauerndem Gebrauch sollte ein Kalk ungefähr 3 Stunden lang diese Bindefähigkeit besitzen. Die Prüfungsvorschriften im amerikanischen Arzneibuch über Atemkalk (hier Soda - lime genannt) verlangen, dass ein Natronkalk, der für eine Anaesthetie verwendet werden soll, im Zeitraum von 20 Minuten 22 - 24 % an Gewicht zunehmen muss, wenn man konzentrierte Kohlensäure durch ihn durchströmen lässt. Brücke (52) ist der Ansicht, dass ein guter Atemkalk mindestens ca. 35 % seines eigenen Gewichtes an Kohlensäure absorbieren sollte. Meist bestehen grosse Unterschiede in der Bindefähigkeit der Atemkalke. Manche liegen sogar gerade an der Grenze. Einer wurde mit 41 % Absorptionsvermögen gefunden. Auch die Dauer seiner Leistungsfähigkeit während des Gebrauches ist verschieden. Man sollte jedoch mit 3 - 4 Stunden rechnen können. Durchschnittlich rechnet man mit einer CO_2 -Produktion von 200 ml/min. während der Narkose. Oehmig macht die Absorptionsfähigkeit von 4 Hauptpunkten abhängig. Ein fortlaufender oder unterbrochener Gebrauch, die Geschwindigkeit der Gase, die Güte des Atemkalkes und die Kohlensäurekonzentration in der Expirationsluft sind u. a. die Faktoren, die auf die Arbeitsdauer des Absorbers wirken. 1 g eines guten Kalkes absorbiert 80 - 90 ccm Kohlensäure (Killian-Weese). Da eine Kalkfüllung ungefähr 500 bis 600 g wiegt, könnten ca. 50 l Kohlensäure gebunden werden. Wird der Kalk ausreichend belastet (Kreisatmung), so ist mit einer Arbeitsdauer von fast 4 Stunden bei normalem Atemvolumen zu rechnen. Der Dräger-Indicator-Atemkalk soll in einer Füllung mehr als 70 l CO_2 binden.

Wichtig ist neben Zusammensetzung, Festigkeit und Leistungsfähigkeit auch die Grösse der Granula und ihre Beschaffenheit. Die einzelnen Körner müssen die richtige Grösse besitzen und hart genug sein, um nicht bei mechanischer Beanspruchung zu Mehl zu zerfallen. Sie müssen durch geeignete Zusätze (es kommen dazu in Frage Carbonate und Silikate) auch nach beendeter Kohlensäure-Absorption locker und fest bleiben, damit die Masse im Absorber durchatembar bleibt. Häufig ist der Kalk nach beendeter Kohlensäure-Absorption zu einer harten, zementartigen Masse zusammengebacken.

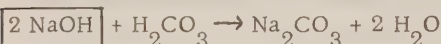
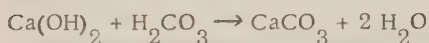
d) Physikalisch-chemischer Vorgang

Bei diesen Vorgängen ist jedoch auch die Schnelligkeit des Reaktionsablaufes wichtig. Diese lässt sich leicht an der fortschreitenden Erwärmung ablesen. Bei den genannten physikalisch-chemischen Prozessen wird nämlich eine ungeheure Wärmemenge frei.

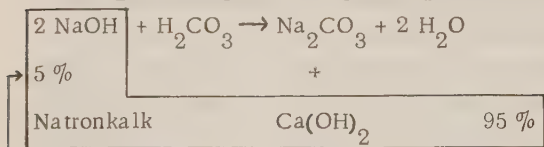
In Gegenwart von Wasser wird die Kohlensäure in zwei positiv geladene H-Ionen und ein doppelt negativ geladenes Carbonat-Ion gespalten.

(Eine Reaktion von CO_2 mit Ca(OH)_2 oder NaOH erfolgt nicht ohne H_2O . Erst hierdurch wird $\text{CO}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$) $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}^+ + \text{CO}_3^{--}$

Dann erfolgt die Reaktion und zwar eine Neutralisation. Es wird Wasser frei. Ausserdem wird bei gleichbleibender CO_2 -Zufuhr dabei immer eine gleichbleibende exotherme Wärme gebildet, und zwar je g Molekül des entstehenden Wassers ca. 13.700 Cal! Nach Adriani verläuft die Kohlensäure-Absorption folgendermassen:



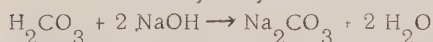
+



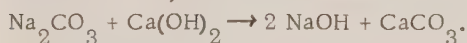
+ 13.000 Cal. per Grammol.

Die Kohlensäure wird also durch die Metallhydroxyde neutralisiert.

Die primäre Reaktion (Netzer und Oehmig) beruht darauf, dass sich Kohlensäure mit Na - Hydroxyd zu Na-Carbonat und Wasser umsetzt.



Durch die "sogenannte Regeneration des Kalkes" wird wieder Na-Hydroxyd ("absorptionsaktiveres") frei.



Manchmal wird auch Bicarbonat gebildet.



Klinisch gesehen ist dies jedoch unwichtig.

Bariumhydroxyd usw. bei anderen Gemischen reagiert natürlich auf die gleiche Art.

4. Temperaturen innerhalb des Systems

Geht nun dieser Vorgang im geschlossenen Atemsystem vor sich, so wird die darin kreisende bzw. pendelnde Luft stark erwärmt und angefeuchtet.

Obwohl durch diese Erhitzung der Absorberpatrone eine gewisse Sterilisation auftritt - klinische und bakteriologische Untersuchungen (Stovall u. a.) ergaben eine erhebliche Verminderung in der Bakterienübertragung ausser bei Tbc - sind die Gefahren und Schädigungen, die mit dieser Erhitzung und Erwärmung verbunden sind, so gross, dass sie den einen Vorteil um ein vielfaches überwiegen.

Im geschlossenen Pendelsystem ist die Temperatur noch wesentlich höher als im geschlossenen Kreisatemsystem. Durch den längeren Weg durch die Schläuche wird die Luft im geschlossenen Kreislaufsystem doch etwas abgekühlt, so dass sie nicht ganz so heiss den Patienten erreicht. Nach Hügin soll die Temperatur im Pendelsystem über 40°C betragen. Bei Brücke ist ein Natronkalk erst dann vollwertig, wenn er sich nach ungefähr 30 Min. Narkosedauer bis auf 60° erwärmt und damit auch das ihn durchströmende Gasmisch.

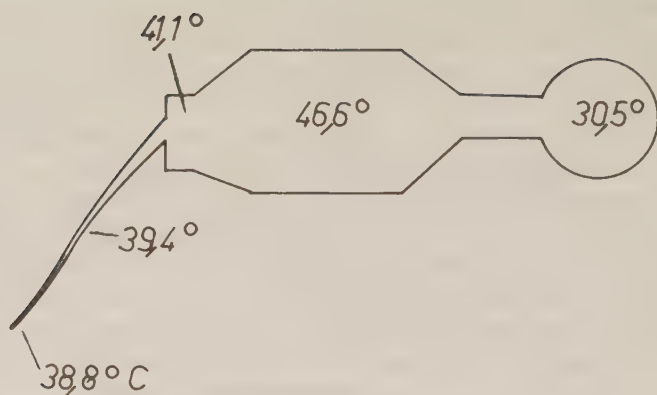
"Baralyme" erwärmt sich auf nahezu 40 - 60°C. Temperaturen bis zu 80 und 100°C sollen je nach Absorbergemisch gemessen worden sein. (Killian-Weese). Hollmann führte Experimente am Menschen mit einer Kalkpatrone durch. Die Temperatur der Inspirationsluft erhöht sich nach 15 Minuten erheblich. Nach weiteren 15 Minuten werden ca. 40°C gemessen. Die relative Feuchtigkeit, die zu diesem Zeitpunkt 93 % betrug, steigt weiterhin bis auf 100 %. Am Ende der Untersuchungen wurden 47°C in der Inspirationsluft gemessen.

Clark, Orkin und Rovenstine führten ebenfalls Temperaturmessungen durch. Sie verwendeten neben dem Apparat ohne Rückatmung mit Stephen-Slater-Ventil zum Vergleich das geschlossene Pendelsystem (to - and - fro) und das geschlossene Kreisatemsystem (closed circle). Die Messungen wurden im airway (Atemweg) an verschiedenen Stellen vorgenommen.

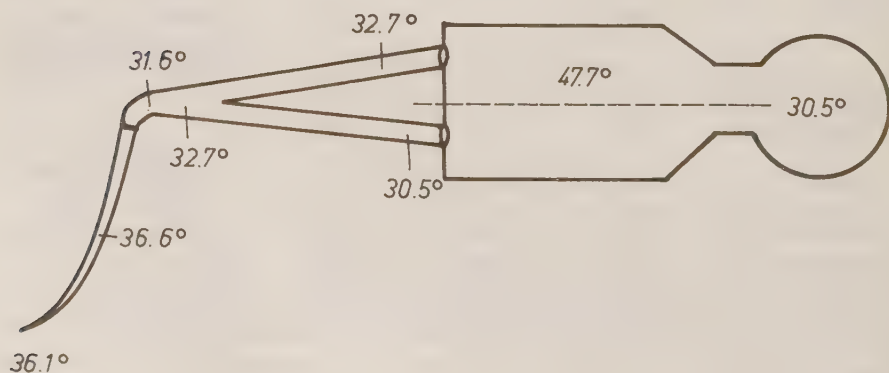
Die Körpertemperatur und die Temperaturen innerhalb des Anaesthesie-Systems und dem airway (Atemweg) wurden mit Thermoelementen mit Kupfer- und Constantan-Drähten gemessen. Man untersuchte Rectal-, Oesophagus-Atemwegs- und Apparat-Temperaturen. Bei den Kanistern beschrieb man nur die Wärmegrade im ersten Drittel. In den Ein- und Aus-Atemschläuchen des Kreissystems waren Thermoelemente angebracht.

Durchschnittliche Temperaturen an den verschiedenen Stellen des Pendel- und Kreissystems

<u>Pendel- system</u>	Atem- beutel (Bag)	Absorber (Canister)	Adaptor	Tubus- Schlauch- Mitte (Midtube)	Untere Trachea- (low trachea)
Zahl d. Messg.	175	251	996	488	1268
Zahl d. Fälle	7	22	33	13	37
Variation °C	26, 7-35, 7	26, 9-61	36, 7-50, 4	36, 3-43, 9	36, 8-42, 2
Durchschnitts- temperatur C	30, 4 bzw. 30, 5	46, 8 bzw. 46, 6	41 bzw. 41, 1	39, 5 bzw. 39, 4	38, 8



<u>Kreis-</u> <u>system</u>	Atem- beutel (Bag)	Absorber (Canister)	Adaptor	Tubus- Schlauch Mitte (Midtube)	Untere Trachea- (low trachea)
Zahl d. Messg.	189	57	94	128	1479
Zahl d. Fälle	7	3	27	4	41
Variation °C	27,1-35,5	24,0-58,4	30,1-37,7	35,3-38	34,2-38,5
Durchschnitts- temperatur C	30,5	47,5 bzw. 47,7	33,2 bzw. 32,7	36,6	36,1



Diese Messungen zeigen deutlich, welchem unphysiologischen Milieu die narkotisierten Patienten ausgesetzt werden. Da im III. Narkosestadium (Guedel) die Wärmeregulation sowieso gestört ist und der menschliche Körper dann die Temperatur der Umgebung annimmt, sind die Anforderungen an den Patienten so gross, so dass er ihnen nicht mehr gewachsen ist. Es kommt dann zu der gefürchteten Hyperthermie.

Diese wird jedoch nicht allein durch das geschlossene System und die exotherme Wärmebildung des Atemkalkabsorbers verursacht.

5. Umgebungstemperaturen und ihre Auswirkungen auf den Patienten

Die Umgebungstemperatur, in unserem Fall die Temperatur im OP. und das Abdecken mit schweren, sterilen Tüchern, spielen ebenfalls eine grosse Rolle.

Wie Hüglin, Bigler und Mc Quiston, Clark, Orkin und Rovenstine, Hikasa u.a. übereinstimmend berichten, erfolgten die Komplikationen - wenn auch mit dem geschlossenen Atemsystem narkotisiert, alle bei hochsommerlichen Temperaturen und feuchter, heisser Luft im OP-Saal.

a) Raumtemperaturen und Feuchtigkeitsmessungen im OP.

Clark und Mitarbeiter bringen Untersuchungsergebnisse über die Auswirkungen der Raumtemperatur, Feuchtigkeit und des Atemsystems auf die Körpertemperatur des Patienten. Die Körpertemperaturen werden nach den Umgebungsbedingungen im OP auf zwei Arten gemessen: Nach dem Trockenthermometer und nach dem Nassthermometer.

Relative Feuchtigkeit und Atemsystem nach dem Trockenthermometer in C

relat. Feuchtigkeit unter 55 %	Pendelsystem	Kreissystem
23,9 - 26,4	6	12
26,7 - 29,2	18	21
29,4 - 31,9	12	7
32,2 - 35	7	3
Über 55 %		
26,7 - 29,2	5	5
29,4 - 31,9	16	6
32,2 - 35	3	-
	67	54 gesamt

3 von den 7 im Pendelsystem Narkotisierten (Trockenthermometer auf $32,2 - 35^{\circ}$, relative Feuchtigkeit unter 55 %) bekamen eine Wärmeretention und mussten mit Eisstücken (ice-bags) gekühlt werden nach $2\frac{1}{2}$, 4 und $4\frac{1}{2}$ Stunden. Das Nass-thermometer zeigte in diesem Fall für alle 7 $24,7^{\circ}\text{C}$. Bei über 55 % relative Feuchtigkeit und $26,7^{\circ} - 29,2^{\circ}$ kamen 2 von 5 Kranken nach $3\frac{1}{2}$ Std. an die Grenze der Wärmestauung, die in einem Fall durch Eiskühlung abgewendet werden konnte, beim anderen nach Hinzukommen hämorrhag. Shocks.

Bei $29,4^{\circ} - 31,9^{\circ}\text{C}$ (relative Feuchtigkeit über 55 %) kam es bei 3 von 16 Patienten zur Überhitzung. Auch bei $32,2 - 35^{\circ}\text{C}$ mit relativer Feuchtigkeit von über 55 % entstand bei einem Kranken Hitzestauung. Die beiden anderen Fälle standen vor OP-Ende kurz davor.

Wie man aus obigen Aufstellungen ersieht, handelt es sich durchweg um sehr lange dauernde Eingriffe oberhalb der Zwei-Stunden-Grenze. Unterhalb dieser Grenze sind keine Schäden bekannt geworden.

Verglich man diese Vorkommnisse des Pendelsystems mit denen des Kreis-systems, so konnte man dort nur einen Hitzefall verzeichnen.

b) Temperaturmessungen unter den sterilen Abdeck-Tüchern

Auch die Temperaturen unter den Tüchern wurde gemessen. Bei $26,7 - 32,2^{\circ}\text{C}$ z.B. war die Lufttemperatur unter den Tüchern $8 - 10^{\circ}$ (Fahrenheit, $C=F-32,5/9$). wärmer als die Raumluft.

Temperaturen unter den sterilen Tüchern gemessen von Clark und Mitarbeitern

Raum-Temp., C	unter den Tüchern, C.	Zahl der Patienten	Zahl der Messungen
23,9 - 26,4	31,7	22	586
26,7 - 29,2	33,9	30	1194
29,4 - 31,9	35,5	11	419
32,2 - 35	36,7	13	309

Diese letzte Art der Hitzestörung entsteht, wenn der Ausgleich von Wärme-produktion und Wärmeverlust gestört ist. Wie eingangs erwähnt, entsteht die Wärme durch Verbrennung im Stoffwechsel (hauptsächlich Kohlenhydrate, Eiweiss, Fett).

Narkotisierte können nach Clark auch durch Strahlung und Leitung von aussen eine Wärmezufuhr bekommen. Als Beispiele gibt er die warmen Körper der Chirurgen, die wärmeausstrahlenden OP-Lampen (4 weissglühende 250 Watt-Lampen) und evtl. warme Laparotomie - Pads an. Durch die übermässig produzierte bzw. zugeführte Wärme (im geschlossenen System mit Absorber) versucht das übergeordnete Wärmeregulationszentrum den Organismus zu einem Wärmeverlust zu bewegen. Dieser Verlust durch Übertragung wird aber durch die Tücher und die hohe Temperatur unter ihnen, sowie die übermässig erwärmten, feucht-schwülen OP-Säle zunichte gemacht. (Sind Umgebungs- und Körpertemperatur gleich, so kann

durch Fortpflanzung und Strahlung kein Wärmeverlust entstehen; nur der Verdunstung gelingt eine gewisse Abkühlung. Bei Zimmertemperatur ($20^{\circ} - 21^{\circ}\text{C}$) spielt sie eine untergeordnete Rolle, über $34,4^{\circ}\text{C}$ ist sie jedoch der einzige Faktor für Wärmeabgabe. Bei Raumtemperaturen von $29,4^{\circ}\text{C}$ herrschen $35,5^{\circ}$ und mehr unter den Abdecktüchern.

Fehlt dann der Schweissdrüsenmechanismus, so ist die Wärmeretention ziemlich sicher.

Es wird eine Umgebung geschaffen, die nicht mehr den physiologischen Bedingungen entspricht, und denen der Narkotisierte nicht mehr gewachsen ist. Die Folge davon ist die Wärmestauung der Patienten mit Hyperthermie und ihren Nachwirkungen.

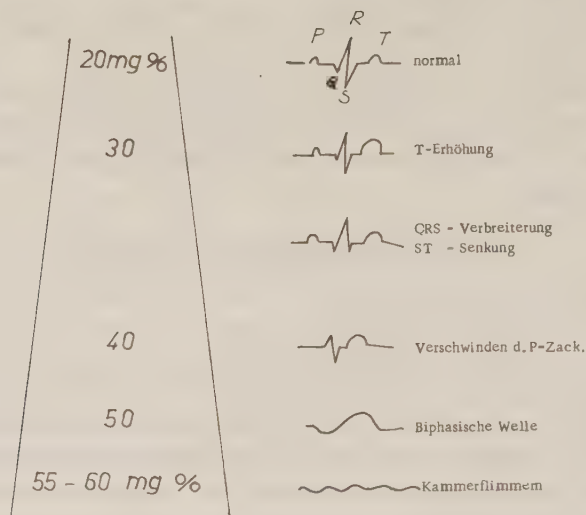
IV. ÜBERHITZUNG UND IHRE FOLGEN

1. Klinisches Bild

Wie bei jeder Temperaturerhöhung des Organismus wird der Stoffwechsel enorm gesteigert. Auch der O_2 -Verbrauch nimmt stark zu. Vor allem können sich evtl. Sauerstoffzufuhr und Kohlendioxydabgabe von den Zellen nicht mehr die Waage halten. Es ist unsicher, ob dann hauptsächlich die Kohlensäure schnell genug aus den Zellen abgegeben werden kann. Es werden hohe Anforderungen an Herz und Kreislauf, ja an den gesamten Körper gestellt. Psychische Störungen, Bewusstseinsstörungen bis zum Coma, Zuckungen und Krämpfe können auftreten (Cullen, Ferris, Robinson, Blankenhorn). Die nervöse Erregbarkeit wird gesteigert. Muskelzuckungen im Gesicht zeigen einen drohenden Herzstillstand an. Hikasa und Mitarbeiter fanden im Tierversuch auch eine Vergrößerung der T-Zacke im EKG wie bei einer Hyperkaliämie. Vor dem Herzstillstand im Endzustand traten Arrhythmie und Kammerflimmern auf. Sie beobachteten bei ihren Versuchen an Hunden bei einer hohen Raumtemperatur (über 29°C) dass das Serum Kalium ansteigt und machen dieses für den Herzstillstand verantwortlich.

Nach Hadorn - Riva sehen die Veränderungen im EKG bei einer Hyperkaliämie folgendermassen aus:

Kaliämie



Neben Hadorn - Riva (54) (1951) beobachteten auch Steward - Sheppard -, Horger (1948), Hikasa, - Ogata, - Sato (1958), - Brown - Currrens - Marchand (1944) u. a. im EKG eine Erhöhung der T-Zacken. Die S-Zacke ist vertieft, die R-Zacke hat eine niedrigere Amplitude. Bei einem weiteren Zunehmen des Gehaltes an Serum Kalium verschwinden die P-Zacken allmählich ganz. Die ST-Zacken flachen mehr und mehr ab. Der Abstand QRS wird grösser und breiter. Es entsteht die Biphaseische Welle, die von Kammerflimmern abgelöst wird. Das Ende ist der Herzstillstand.

Während man klinisch eine Hyperkaliämie am Frösteln der Patienten, an Schwächegefühlen in Armen und Beinen, Parästhesien, niedrigem Blutdruck, Bradykardie blasser kühler Haut, Arrhythmien, Hörstörungen, Bewusstseinsstörungen, drohendem Collaps und evtl. Herzstillstand (Hadorn - Riva) erkennen kann, sind diese Gesichtspunkte während einer Narkose viel schwieriger zu beurteilen. Durch die Erhöhung des gesamten Stoffwechsels werden grössere Mengen an Narkotica gebraucht, um das erforderliche Narkosestadium zu erreichen und beizubehalten. Dadurch werden auch diese "Nebenwirkungen" mehr sichtbar. Durch eine Störung im O_2 -Angebot und CO_2 -Abgabe der Zellen bei Überhitzung treten oft Bilder auf, wie bei Überdosierung von Narkosemitteln oder Asphyxie: z.B. Atemstörungen, Cyanose, Versagen von Herz, Kreislauf und der parenchymatösen Organe. Auch die zentral-nervösen Regulationen sind gestört. Die evtl. auftreten-

den Convulsionen sind durch die vorne erwähnte Hyperkaliämie zu erklären. Nach Elman, Shatz, Keating und Wechselbaum ist die Muskelerregbarkeit in folgendem Quotienten ausgedrückt

$$\frac{(Na^{+}) + (K^{+})}{(Ca^{++}) + (Mg^{+++})} + (H^{+}).$$

Diese sogenannte Loeb'sche Formel zeigt, dass z.B. Kalium-Ionen-Vermehrung die Erregbarkeit erhöht. Das Kalium-Ion ist fast ausnahmslos intracellulär zu finden. Dort beträgt seine Konzentration 115 m Äqu (5 m Äqu. extracellulär) nach Woringer und Mitarbeitern.

Dieser Bedarf wird durch die tägliche Nahrungszufuhr von 2 - 4 g = ca. 70 - 100 m Äqu gedeckt. Der Körper gibt 80 - 85 % durch die Nieren, 10 % durch Defäcation, den Rest durch Schweiß und Speichel ab. Evtl. kann es jedoch zu einer Hypo- oder Hyperkaliämie kommen, wie letztere Hikasa bei seinen Narkoseexperimenten feststellte. (Diese Hyperkaliämie mit ihrem charakteristischen EKG soll übrigens reversibel sein, wenn man die Körpertemperatur von vorneherein genügend herabsetzt durch künstliche Hypothermie).

Nebenbei sei erwähnt, dass auch die sogenannte "Ätherkonvulsion" in Verbindung mit Wärmeretention auftritt.

Die Überhitzung stellt also ungeheure Anforderungen und dies vor allem an Herz und Kreislauf. Nach Bazett soll das Erwärmen eines unverletzten Hautbezirkes den gesamten peripheren Widerstand auf 2/3 oder die Hälfte des normalen erniedrigen. Um dann eine Blutzirkulation aufrecht zu erhalten steigt die Herzleistung. Daily und Harrison finden dabei eine splanchnic vasoconstriction. Durch alle diese Vorkehrungen und Anforderungen vermag der Körper weiteren Kreislaufsbelastungen nicht mehr stand zu halten. Es kommt zum Collaps und evtl. zum Herzstillstand.

2. Pathologisch-anatomische Befunde

Pathologisch-anatomisch wurden generalisierte Degenerationen der Neurone im ZNS gefunden. Hikasa und Mitarbeiter sahen in ihren rekonstruierten Fällen weit verteilte Hämorrhagien. Diese Blutungen waren mit Stauungen verbunden. Malamud, Haymaker und Custer bemerkten diese Blutungen besonders in der Lunge und "subendocardialen Geweben" wie auch "centrolobuläre Lebernekrosen und lower nephron nephrosis".

Man hält die Hirn- und Leberzellen für besonders Hitze-empfindlich. Geringe Wärmeerhöhung des Organismus soll nach Clark, Rovenstine und Orkin nur reversible Leberschäden verursachen.

In den Nervenzellen wurden "paranukleäre Hof- und Vacuolenbildung" gesehen. Die gefärbten (Nissel-Färbung) Nissel'schen Körperchen der Hirnstammzellen verhielten sich unnormal. Manchmal liess sich nur das Protoplasma der Zelle vereinzelt und schwach lila färben. Diese Abweichungen sollen in direkter

Verbindung zum Tod der Narkotisierten stehen.

V. NARKOSEKOMPLIKATIONEN IN VERBINDUNG MIT WÄRMESCHÄDEN

1. Kohlensäureanreicherung und Intoxikation

In Verbindung mit allen diesen genannten Wärmeschäden können bei der Apparatnarkose im geschlossenen Atemsystem mit CO_2 -Absorption auch noch andere Komplikationen auftreten. Neben den Gefahren einer evtl. Überdosierung, Asphyxie, Erbrechen, Aspiration des Erbrochenen, Störungen des Säure-Basengleichgewichtes und evtl. Atem- oder Herzstillstand steht wohl die Kohlensäure-Anreicherung und Intoxikation an erster Stelle.

Trotz völliger Sättigung des Blutes mit Sauerstoff kann eine CO_2 -Vergiftung auftreten und ad exitum führen. (Beecher, Drisps, Sarnoff u.a.). Nach Miller, Gibbon, Brown, Beecher usw. kommen solche enormen CO_2 -Konzentrationen häufig vor. Die Reflex-Zentren reagieren während einer Narkose nicht mehr normal auf einen CO_2 -Reiz. Sie werden unempfindlich. Ausserdem soll die Kohlensäure bei über 10 % narkotisierend wirken. Dies würde zu einem circulus vitiosus führen. Die expirierte Kohlensäure wird ja normalerweise im geschlossenen System durch die Atemkalkabsorber gebunden. Da aber die Kalke in der Leistungsfähigkeit oft sehr unterschiedlich und schnell verbraucht sind, verhindert neuer Absorberkalk nicht immer die Gefahr einer CO_2 -Rückatmung, - Retention und Folgen. Obwohl ein warmer Absorber die noch fortdauernde physikalisch-chemische exotherme Reaktion verrät, so zeigt er jedoch nicht die ganze oder unvollständige CO_2 -Ver-nichtung an. Man kann sich also weder nach der Erwärmung des Atemkalkes, noch nach dem beigefügten Indicator richten, wenn die Frage auftaucht: Ist der Kalk verbraucht oder nicht.

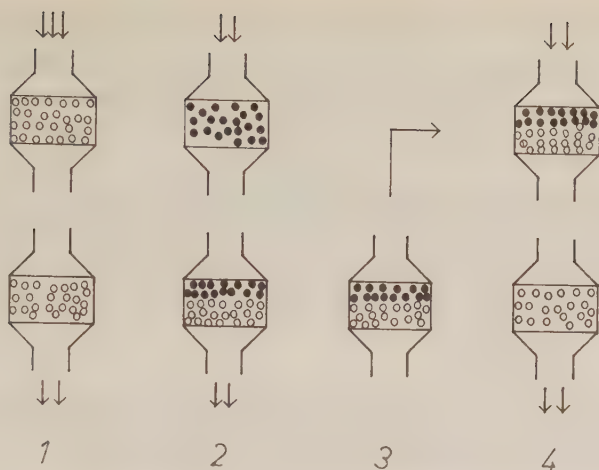
2. Prophylaktische Massnahmen

Barth gibt zwei Methoden an, mit deren Hilfe eine CO_2 -Retention im geschlossenen System verhindert werden soll.

Er rät die Kohlensäure-Konzentration der Inspiration fortlaufend zu kontrollieren oder 2 Absorberkanister hintereinander zu schalten (Oehmig). Gegenüber dem Carbovisor Brinkmann, CO_2 -Detektor und Uras-M. v. Hartmann & Braun ist besonders die zweite Methode am wenigsten finanziell belastend:

a) Hintereinanderschaltung zweier Absorber

Die Hintereinanderschaltung zweier Absorberkanister nach Kapesser und Oehmig (in Anlehnung an Brown und Elam).



Hält man den in Gebrauch befindlichen Kanister für nicht mehr voll leistungsfähig, so schaltet man vor ihn einen neuen Kanister. Dadurch beugt man einer CO₂-Anreicherung vor und nutzt den Atemkalk auch vollkommen aus. Nach Messungen ändert sich der Atemwiderstand dadurch sehr wenig. Vermag der erste Absorber noch CO₂ zu binden, so wird er also ganz und gar verbraucht, ohne dass man Gefahr läuft, dem Patienten zu schaden. Ist er jedoch schon etwas durchlässig, so wird die restliche CO₂ im zweiten Kanister absorbiert. Je mehr der erste Absorber unfähig wird CO₂ zu binden, umso mehr übernimmt der zweite Kanister diese Aufgabe. Ihm kann dann wiederum ein Kanister dahintergeschaltet werden.

Dadurch wird nicht nur der Patient vor Intoxikationen geschützt, sondern auch eine Klinikverwaltung kann den immer noch verhältnismässig teuren Absorbekalk einsparen und hat die Gewissheit, dass er 100 %ig ausgenutzt worden ist.

Barth berichtet, dass man bei ihm in der Klinik immer diese Hintereinanderschaltung nach Oehmig anwandte. Doch dann musste man wegen einer Absorber-Beschädigung von einer "Doppel-Absorption" absehen. Während einer fast zweistündig dauernden Narkose sei es "trotz frühzeitigem Absorberwechsel zu einer passageren CO₂-Intoxikation" gekommen, die auf einer Insuffizienz des Atemkalkes beruhen sollte.

Bei einer Narkose rechnet man durchschnittlich mit einer CO₂-Produktion von 200 ml/min. Bei dem schnellen Anstieg im geschlossenen System ist auch die Gefahr bei ungenügender Absorption ersichtlich. Ungünstige Lagerung des Patienten, offene Pleura und die sogenannte "physiologische Denervierung des Sinus Caroticus" durch Sauerstoffbeatmung begünstigen eine ungenügende Kohlen-säureelimination.

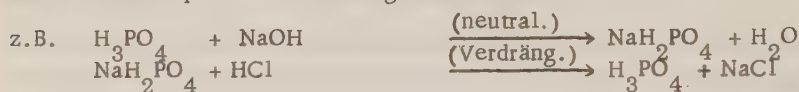
3. Gefahren der Kohlensäureanreicherung (Acidose)

Es kommt allmählich zu einer Acidose (Todesfälle bei Endotrachealnarkosen- CO_2 -Intoxikation und Acidose - von Mülly und Zürn beschrieben). Die "wirksamste Bekämpfung der Acidose ist die Hyperventilation mit CO_2 -Abeliminierung" (Bark 76).

Nach der Henderson-Hasselbach'schen Gleichung liegen die Beziehungen von pH des Blutes, physikalisch gelöster Kohlensäure und Bicarbonat (Puffer) klar auf der Hand. Eine Verschiebung der beiden letzteren führt zu einer sofortigen pH-Veränderung des Blutes nach der sauren oder alkalischen Seite.

$$\text{pH} = \text{K} + \frac{\text{H}_2\text{CO}_3}{\text{BHCO}_3}$$

Die Blutpuffer (Phosphat, Bicarbonat, Alkalisalze der Proteine) verhindern z. B. eine vermehrte pH - Verschiebung nach der sauren Seite.



Bei einer Puffer-Reaktion ergibt eine starke Säure mit dem Salz einer schwachen Säure ein Neutralsalz und eine schwache Säure (z. B.: $\text{BHCO}_3 + \text{HCl} = \text{BCL} + \text{H}_2\text{CO}_3$).

Nach Kühlmayer (77) entspricht der Bicarbonatpuffer ungefähr 2/3 der gesamten Puffer. Die bei ihm entstehende H_2CO_3 kann abgeatmet werden (flüchtig).

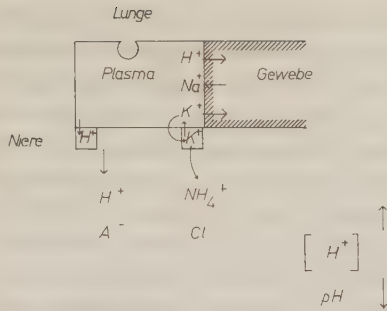
Der Quotient $\frac{\text{Kohlensäure}}{\text{Bicarbonat}}$ ist immer abhängig vom jeweiligen pH - Wert.

$$\begin{array}{lcl} \text{z.B.} & \text{pH} = 7,4 & \frac{\text{Kohlensäure}}{\text{Bicarbonat}} = 1 : 20 \\ & \text{pH} = 7,0 & \text{ca.} = 1 : 10 \end{array}$$

Der pH - Wert des Blutes und die Kohlensäurekonzentration werden wiederum von der Atmung beeinflusst. Die Kohlensäurekonzentration steigt mit dem CO_2 -Partialdruck in den Lungenalveolen. Die Tendenz zur Bicarbonatbildung steigt parallel mit der Kohlensäurespannung. Bei einer Säurebelastung des Organismus können diese sauren Stoffwechselprodukte durch Niere, Haut oder Lunge ausgeschieden werden. Durch diese Nierensekretion, Atmung und Elektrolyttransfer zwischen Plasma und Zelle (Verschiebung von Bicarbonat, Natrium, Kalium und Chlor ermöglicht) wird der pH des Blutes ungefähr konstant gehalten. Wird diese Ausscheidung aber gestört - wie dies ja bei Narkose und da besonders im geschlossenen System mit evtl. mangelnder CO_2 -Absorption der Fall sein kann - so kommt es zur Übersäuerung, zur Acidose.

Die Ursache einer respiratorischen Acidose ist eine Kohlensäurestauung (Retention) nach Hypoventilation oder nach veränderter CO_2 -Absorption.

Nach I.R. Elkinton und T.S. Danowsky: The Body Fluids. Baltimore: Williams & Wilkins CO. 1955.



Der sogenannte Elektrolyttransfer bringt das Natrium von den Gewebszellen zum Plasma. Um zur Bicarbonatbildung das gebundene Alkali "freizumachen", werden Säure und Chlorid im Plasma vermindert und Ammoniak ausgeschieden.

Crile war der erste, der die "narkotische Acidose" 1915 beschrieb. In den nachfolgenden Jahren wurde sie dann genauer beobachtet und erforscht. Man erkannte hierbei die Störungen im Säure-Basen-Gleichgewicht mit ihren oft unangenehmsten Folgen. Da das klinische Erscheinungsbild meist nur wenige unmittelbare Veränderungen zeigt - Veränderungen der Atmung, des Blutdruckes und Puls werden oft nicht immer gleich gemerkt - kommt es leicht zu schwerwiegenden Folgeerscheinungen, ja zum Exitus. Einen begünstigenden Einfluss auf die Stärke der Acidose haben wohl psychische Erregung vor der Operation, Blutverlust, der operative Eingriff selbst (humorale und nervöse Reize!), Hunger u. ä.

Obwohl man bei drohender oder eingetretener Acidose immer um eine Normalisierung bemüht sein wird, muss diese allmählich erfolgen. Eine sofortige Änderung des pH-Wertes erhöht immer die Flimmerbereitschaft des Herzens.

Schostok (81) untersuchte die Wirkung der hohen Kohlensäurespannungen besonders auf Atmung und Kreislauf. Er stellte fest, dass bei genügender Sauerstoffsättigung des Blutes eine einstündige Wiederatmung der expirierten Kohlensäure "mit dem Leben vereinbar" ist. Die Grenze soll bei 2 Stunden liegen. Nun sind ja die Verhältnisse beim Menschen nicht direkt mit denen an Hunden zu vergleichen, trotz aller Wichtigkeit der tierexperimentellen Studien. Und ausserdem spielen ja bei Narkose auch noch andere Faktoren mit. Zum ersten wirkt die Narkose (die Umsetzung der im Stoffwechsel entstandenen Säuren ist behindert) selbst acidotisch und zum andern fehlt der sonst normale Reiz der Kohlensäure auf die Regulationsmechanismen. (Nach Brücke kann man ca. 30 Min. ohne CO_2 -Absorption im geschlossenen System narkotisieren).

Eine CO_2 -Akkumulation während der Narkose äussert sich in motorischer Unruhe durch zentrale Stimulation. Zunehmende Acidose führt dann zu Lähmung und Vertiefung der Bewusstlosigkeit. Da dies leicht übersehen werden kann, ist besonders auf Herz, Kreislauf, Atmung, Puls, Blutdruck, Pupillenweite und Hautkolorit und -Beschaffenheit (feucht, warm) zu achten. Das erste Anzeichen

einer Kohlensäureanreicherung ist im Ansteigen des Blutdruckes zu sehen. (Auch Ganglienblocker verhindern dies nicht). Das Hautkolorit ändert sich. Das Gesicht wird rot und aufgedunsen. Die Pupillen sollen normalerweise bei Narkose eng sein. Erweiterung, Entrundung und Lichtstarrwerden der Pupillen sowie erhöhter Blutdruck, Tachykardie, vertiefte toxische Beschleunigung der Atmung, Schweissausbrüche, Vertiefung der Narkose ohne zugesetztes Narkoticum lassen an eine Kohlensäurevergiftung denken. Rechtzeitiges Erkennen und Beseitigung der Ursachen, können dem Patienten das Leben retten. Bessere Kohlensäure-Absorption (Auswechseln der Absorberkanister bzw. Hintereinanderschalten) oder Frischluftbeatmung bei unbehinderter Abatmung, evtl. Hyperventilation machen evtl. Schäden des Atemzentrums rückgängig. Das ZNS erholt sich wieder. Manchmal jedoch setzt die Eigenatmung des Patienten aus und ist trotz guter Herz- und Kreislaufverhältnisse, normaler rosiger Gesichtsfarbe und künstlicher Beatmung nicht mehr anzuregen. Kohlensäureretention und Acidose verursachen hier die irreversiblen Veränderungen des ZNS, die ad exitum führen. Pathologisch - anatomisch sind dann meist Hirnödeme zu sehen.

Um diese Gefahren auszuschalten, werden gasanalytische Messungen auch während der Narkose vorgeschlagen. Da eine Erhöhung der CO_2 -Spannung im Blut zu einer Steigerung der CO_2 -Konzentration der Ausatemungsluft führt, lassen sich diese Untersuchungen verhältnismässig einfach durchführen. Es wurden verschiedene Apparaturen entwickelt. Ich möchte hier nur den Carbovisor (v. Brinkman), den CO_2 -Detektor, Uras - M (Hartmann & Braun) nennen.

Obwohl Todesfälle relativ selten beschrieben werden, ist jedoch bei oben geschilderten Veränderungen des Patienten an eine CO_2 -Anreicherung zu denken. Besonders bei Anwendung des geschlossenen Atemsystems während Narkosen.

Aber ebenso wichtig ist es, hierbei an eine Wärmestauung zu denken. Auch hier sind gesteigerte Erregbarkeit, Tachykardie, frequente Atmung, die allmählich unregelmässig wird, Blutdrucksteigerung und Pulsänderungen die ersten klinischen Anzeichen, die beim Nichterkennen zu irreversiblen Schädigungen führen und mit dem Tode enden.

D. WIE BEUGT MAN EINER ÜBERHITZUNG VOR?

Warum findet nun die Apparatnarkose im geschlossenen System immer noch Verwendung, wo doch die Nachteile die Vorzüge fast überwiegen, und wie kann man diesen Gefahren begegnen?

Da die Wärmeregulation im III. Stadium der Narkose blockiert wird, passt sich also der menschliche Organismus seiner Umgebung an. Er kann leicht erhitzt und auch leicht abgekühlt werden.

Nach der Fachliteratur traten hauptsächlich dann Komplikationen auf, wenn die Narkose mit einem geschlossenen Atemsystem durchgeführt wurde, im OP.-Saal hochsommerliche Temperaturen herrschten, und die Patienten mit vielen dicken, sterilen Tüchern abgedeckt waren. Darum gilt es besonders diese Ursachen zu beseitigen.

I. KONTINUIERLICHE TEMPERATURMESSUNGEN UND REGULATION DER TEMPERATUR

1. In der Umgebung des Patienten (OP.)

Das erste ist eine kontinuierliche Temperaturmessung sowohl der Umgebung als auch innerhalb der im Gebrauch befindlichen Narkoseapparaturen und Messungen am Patienten selbst. Ich möchte hier auf den Aufsatz von H. I. Harder (8) hinweisen. Hier werden hauptsächlich die klimatischen Bedingungen im OP-Saal in Erwägung gezogen und Klimaanlage vorgeschlagen, die folgende Grenzwerte besitzen sollten: "Die Raumtemperatur soll im Winter bis zu einer Aussentemperatur von minus 12°C bzw. im Sommer bis zu plus 32°C zwischen 20 und 26°C regulierbar sein, bei einer jeweiligen Raumfeuchte von mindestens 60 v. H. Ein Wärmebedarf von mindestens 50 v. H. muss hierbei durch Umheizung oder durch Strahlungsheizung gewährleistet sein."

Harder weist besonders auf das postoperative Ansteigen der Körpertemperaturen bei Frischoperierten hin und auf die Gegenregulation bei künstlicher Hypothermie. Er erkennt jedoch auch die Belastung, der die "herkömmlich anaesthetisierten und operierten Kranken" bei sommerlichen Temperaturen durch übermäßige Schweissabgabe ausgesetzt sind. Allerdings ist für ihn neben einer Hauptregelung der Raumtemperatur eine Klimaanlage schon deshalb angezeigt, da sie Brand- und Explosionsgefahren verringert durch Verdünnung von entzündbaren Gasgemischen und Überführen in nicht zu entzündende. Ausserdem können damit elektrostatische Ladungen abgeleitet werden und nicht zur Auswirkung kommen. In den erst kürzlich neu zusammengestellten Punkten der VDE 0750 fordert man auch den Einbau einer Klimaanlage in diesen gefährdeten Räumen.

Im Hinblick auf die Ableitung elektrostatischer Ladungen und auch auf das Wohl und Wehe des OP-Personals verlangt Hügin eine relative Feuchtigkeit von 60 - 65 %. Da sich die Temperatur nach der Luftfeuchtigkeit richten muss, hält

er ca. 22°C bei diesem Prozentsatz für angezeigt.

Aus meinen Ausführungen geht jedoch hervor, dass die Gefährdung der Patienten die Hauptindikation darstellt. Und schon deshalb sollte in jedem OP-Saal eine Klimaanlage installiert werden. Eine fortlaufende Kontrolle sowohl der Raumtemperatur als auch der Temperatur am Apparat und am Patienten zeigen den Zeitpunkt einer bevorstehenden Überhitzung an und helfen ihn zu verhindern oder überhaupt einer Wärmestauung vorzubeugen.

Hier sei noch einmal an die Untersuchungen von Clark, Orkin und Rovenstine erinnert, die von den Messungen und Auswirkungen berichten, die Raumtemperatur, Luftfeuchtigkeit und Atemsystem auf die Körpertemperatur des Patienten haben.

2. Innerhalb des angewendeten Narkosesystems

Es reicht also nicht, nur die Raumtemperatur ständig zu messen. Es sollten auch Temperaturkontrollen am Apparat stattfinden. Zu diesem Zwecke müssten, nach meiner Meinung, Thermometer oder Thermoelemente eingebaut werden. Es würde genügen, die Temperatur im Atemkalkabsorber und im Schlauch kurz vor dem Mundstück des Narkotisierten abzulesen, um zu verhindern, dass der schon sehr belastete Patient zu heisse Luft inhaliert.

3. Messungen am Patienten selbst

Die dritte und annähernd wichtigste Kontrolle ist die Temperaturmessung am Patienten. Obwohl auch Blutdruck, Puls und Atemtätigkeit schon einen gewissen Überblick über den augenblicklichen Zustand des Patienten und seinen Kreislauf geben, spielt gerade die Temperaturmessung bei Narkose eine wesentliche Rolle, einen evtl. Kollaps mit Kreislaufversagen oder eine drohende Überhitzung rechtzeitig zu erkennen.

Nach Untersuchungen von Killian, Hoff, v. Wenz u. a. tritt durch jede Temperaturschwankung eine Veränderung der oxybiotischen Stoffwechselvorgänge auf. Beecher und Keil sehen in der Temperaturveränderung die Ursache einer Resorptionsstörung. Der Toxizitätsgrad der Medikamente bzw. Narkotica erleidet grosse Veränderungen und wird bedenklich verschoben.

Hikasa, Hügin, Clark und andere weisen auf die Gefahr einer Wärmeretention bei Narkose hin. Es ist auch bekannt, dass die Vulnerabilität des Gehirns bei Temperaturerhöhung rasch zunimmt.

Diese wenigen Beispiele zeigen die Notwendigkeit an, sich genauestens über die jeweilige Körpertemperatur der einer evtl. Temperaturveränderung ausgesetzten Patienten zu orientieren.

Obwohl uns auch Haut- und Axillartemperatur eine ungefähre Übersicht geben, ist die Rectal-Messung für eine längere Kontrolle doch günstiger und genauer. Gnüchtel weist auf den automatischen Temperaturschreiber der Firma Hartmann & Braun hin. Ein 8 cm langer, bleistiftdicker in das Rectum eingeführter Metall-

stift zeigt die Temperatur an, die auf einer Skala sofort abzulesen ist. Die Temperaturkontrollen können sich über längere Zeit erstrecken ohne etwas von ihrer Genauigkeit einzubüßen.

(Gnütchel 38, 39 und Frey hatten Kerntemperaturen bis zu 10 Stunden vor der OP., während der Narkose und bis zu 10 Stunden danach gemessen.)

Durch diese kontinuierlichen Messungen können kleinste kurzfristige Schwankungen und plötzliche auftretende Veränderungen der Kerntemperatur sofort erkannt und beseitigt werden.

Bigler und Mc Quiston verwandten für ihre Temperaturmessungen während der Narkose thermo-elektrische Geräte. Stucke, Hübner und Dietz (26) gebrauchten den Thermorapid der Elektro-medizinischen Werkstätten Hamburg.

Alle Autoren weisen auf die Wichtigkeit der Temperaturmessungen während der Narkose hin, die als Ergänzung zu den allgemein üblichen Messungen von Blutdruck, Puls und allgemeiner Beobachtung des Patienten dazu beitragen, drohende Zusammenbrüche zu verhindern.

Werden nun bei diesen Messkontrollen hohe Temperaturwerte festgestellt, so heisst es entschieden einzugreifen. Eine Überhitzung kann auf alle Fälle verhindert werden! Am besten ist: Vorbeugung!

Zunächst muss die Umgebungsluft den Verhältnissen entsprechen. Wie schon angeführt, haben Klimaanlage die Raumtemperatur zu regulieren (ca. 22°C) sowie auch für eine angemessene Luftfeuchtigkeit (60 bis 65 % relative Feuchtigkeit) zu sorgen. Finden die Operationen unter hochsommerlichen klimatischen Bedingungen statt, so sind nur die nötigsten und leichtesten, sterilen Abdecktücher zu verwenden.

II. ABKÜHLUNG DER ABSORBERKANISTER UND INSPIRATIONSSCHLÄUCHE

Vom Gebrauch des Pendelsystems rät Clark ab. Sollte es doch Verwendung finden, muss der Kanister mit Eis gekühlt werden.

Hügin (15) umgibt bei der Pendelatmung den Atemkalkabsorber mit einem "Tricotschlauch", der mit Spiritus oder altem Äther befeuchtet wird. Erhitzte Kanister sind auszuwechseln. Man kann sie verschlossen in Eiswasser abkühlen.

Bei Kreisatemsystem wird der Inspirationsschlauch mit Gaze umwickelt, die wie der Tricotschlauch befeuchtet wird. Die Verdampfungskälte kühlt die Atemgase und trocknet sie etwas. Der Patient kann dann via Lunge Wärme abgeben. Auch Knight (122), Burstein und Mark (124) befürworten das Abkühlen der einzuatmenden Gasströme.

III. SENKUNG DER KÖRPERTEMPERATUREN DES PATIENTEN

1. Physikalische Abkühlung von aussen

Die Körpertemperatur des Patienten ist auf zweierlei Arten zu senken. Die Abkühlung kann von aussen durch Eisbeutel oder Wassermatratze erfolgen.

Bigler und Mc Quiston geben der Wassermatratzenkühlung den Vorzug. Da sie ihre Versuche besonders an Kindern vornahmen, die durch ihre kleine Körperoberfläche, grosse innere Wärmeproduktion und eine gewisse Regulationsschwäche einer Wärmeretention ziemlich hilflos gegenüber stehen, stellten sie fest, dass die Sterblichkeit enorm herabgesetzt wurde, wenn man mit Hilfe von Wassermatratze oder Eisbeutel einem hohen Temperaturanstieg vorbeugen konnte.

Um eine sofortige Abkühlung mit Eisbeuteln zu erzielen, verwendet Clark 8 oder mehr Beutel, die öfters ausgewechselt werden, und die er je nach den Operationsbedingungen zwischen den Schenkeln (thighs), Inguinalzonen, der Brust, den Axillen und flanks der Erwachsenen anlegt.

2. Hypothermie durch pharmako-dynamische Blockade des neurovegetativen Nervensystems

Grosse Vorteile erreicht man jedoch auch durch die richtige Medication bzw. Prämedication. Durch eine künstliche Dämpfung und Verlangsamung der Kreislauf-tätigkeit und des Stoffwechsels, also durch eine Einschränkung des Grundumsatzes, vermag man einer Überhitzung und Wärmestauung in gewissen Grenzen vorzubeugen. Zwar vermindert schon die Anwendung von Curare (Curare-Gruppe) die Wärme-produktion durch Stilllegung der Muskulatur.

Viele Autoren oder Anaesthesisten beeinflussen direkt die vegetativen Funktionen. Allerdings muss bei diesen Narkoseverfahren, die auf das Wärmezentrum einwirken, die Veränderung der Kerntemperatur besonders sorgfältig beobachtet werden. Doch scheint diese Methode sowohl intra operationem durch die Hypothermie als auch post OP durch einen glatteren Verlauf und eine gewisse Stabilisierung des vegetativen Nervensystems sehr angebracht zu sein. Eine allgemeine Dämpfung erscheint auf alle Fälle indiziert. Eine regelrechte Hypothermie oder "Hibernation artificielle" sollte sich jedoch nur auf schwer gefährdete Kranke (Herzoperationen, neurochirurgische Eingriffe, schwere Verbrennungen u. ä.) erstrecken und nur von erfahrenen Anaesthesisten ausgeführt werden. Dieses letztgenannte Verfahren wird hauptsächlich von Laborit und Huguenard (91) vertreten. Hierbei ist der Grundgedanke, Abwehrreaktionen des Körpers (auf traumatisch-chirurgische, infektiöse, psychische oder toxische Angriffe hin) möglichst abzuschwächen, wenn nicht zu verhindern, da er diesen Stressreaktionen oft nicht gewachsen ist.

Der Ausgangspunkt liegt in einer pharmako-dynamischen Blockade des neurovegetativen NS mit dem sogenannten "cocktail lytique", der meist schon alleine dämpfend wirkt. In den ernsten Fällen ergänzt man ihn durch eine allgemeine Unterkühlung, z.B. durch Eisbeutel. Dadurch erreicht man ein beschleunigtes Ab-

sinken der Temperatur (Kerntemperatur auf 33 - 35°C für 1 - 2 Stunden: Huguenard). Für jede Aggressionsform ist die neurovegetative Blockade zu verwenden, sei es durch Prämedication mit Ganglienblockern, durch Cocktail-lytique-Anwendung, durch C.L. + allgemeine Unterkühlung (= hib. art.) etc. Die hib. ist hauptsächlich für schwer geschädigte und auf normale Art nicht zu operierende Kranke. Sie soll in wärmeren Zonen die OP-Gebräuche verändern (Letac:Dakar).

Nach Laborit und Huguenard ist diese hib. aber nicht nur bei chirurgischen Eingriffen sondern auch bei Hyperthermie anzuwenden. Jedoch sind der schlechte Allgemeinzustand der Patienten und die Schwere der OP. die Hauptindicationen.

Auch Rizzi (94) beschreibt die Vorteile, die auf Kombination antihistaminischer und ganglionär blockierender Präparate beruhen. Mit einer kontrollierten Hypotonie erreicht er eine Hypothermie während, und guten Verlauf nach der Operation. Jedoch gibt es viele Gründe, diese neuen Verfahren kritisch zu betrachten. Man hat festgestellt, dass die Ganglienblockade zwar den Körper unterkühlt, jedoch über eine Reduktion des Stoffwechsels. Die Unterkühlung wurde meist durch Kältezufuhr von aussen unterstützt. Bei Temperaturen von 35 bis 29° setzt aber eine Gegenregulation ein, die zu einer Steigerung des Grundumsatzes führt (O_2 -Verbrauch evtl. um das 6-fache erhöht). Nach W. Lutz nimmt die Dissoziation des Oxyhb. mit steigender Unterkühlung ab. Es muss aber ein Gleichgewicht bestehen zwischen Stoffwechselreduktion und O_2 -Angebot des Oxyhb. an das Gewebe, um dieses Unternehmen für den Patienten ohne Gefahr zu gestalten. Sonst würde nach Untersuchungen von v. Werz und Lutz eine "Sauerstoffschere" entstehen, d.h. eine steigende Diskrepanz zwischen dem Sauerstoffdruck des Kapillargebietes und dem Sauerstoffbedarf der Zellen. K. Dietmann hält es für gefährlich, dass Huguenard bei seiner hib. art. keine reine O_2 -Atmung verwendet und dadurch eine "Hypoxische Lethargie" fördert.

Die Ansichten über die Hibernation sind also noch sehr geteilt. Während einige Autoren glauben, es trete ein schädigender Sauerstoffmangel auf, lehnen andere diesen Einwand ab, da ja die Hibernation schon von vorneherein den Stoffwechsel senkt und die vegetative Übermittlung blockiert. Hierbei sollte es zu keinen Gegenregulationen kommen, die schädigend wirken. Es würde dann lediglich eine Verlangsamung des Zellebens und eine Erniedrigung seiner Bedürfnisse eintreten, die den Körper gegen äussere Angriffe unanfechtbar machen soll. Ein weiterer Vorteil der kontrollierten Hypothermie oder auch potenzierten Narkose ist die Einschränkung der eigentlichen Narkotika auf ein Mindestmass. Es soll eine Lachgas- O_2 -Narkose (1:1) ausreichend sein, um die nötige Analgesie-Amnesie zu erhalten. Über die Potenzierte Narkose und den künstlichen Winterschlaf schreibt L. Zürn von der chir. Univers. Klinik München folgendes: "Da sich die Lücke zwischen den Empirischen Ergebnissen der Klinik und den experimentellen Forschungen über den künstlichen Winterschlaf zu schliessen beginnt, ist eine Einschränkung der anfangs zahlreichen Pharmaka erreicht worden. Vom anaesthesio-

logischen Standpunkt aus ist zu unterscheiden, 1. erleichterte Anaesthesie: Ergänzung der üblichen Prämedikation durch ein Antihistaminikum mit sedativer Komponente (Atosil), 2. potenzierte Narkose: Eine entsprechende Prämedikation (am Vorabend Luminal und Atosil, 3 Std. vor Anaesthesiebeginn 50 mg Megaphen und 50 mg Atosil i. m., 2 Std. vorher 50 - 100 mg Dolantin i. m.) versetzt den Patienten in einen somnolenten, apathischen Zustand. Die i. v. -Verabreichung ist nur bei stark erhöhtem Grundumsatz angezeigt. Temperatur- und Grundumsatzsenkungen liegen innerhalb der physiologischen Schwankungsbreite. Indikation: Alle grösseren Eingriffe einschliesslich der Herz- und Lungenchirurgie. Vorteil: Geringere Kreislaufschwankungen, Einsparung an Narkosemitteln und an postop. gegebenen Opiaten, besseres Postop. -Befinden der Kranken. Nachteile: Verstärkung der blutdrucksenkenden Wirkung von Novocainamid, oft starke Erhöhung des Rest-N, gelegentlich stärkere Austrocknung der Schleimhäute. 3. künstlicher Winterschlaf: Unterstützung der ganglienblockierenden Mittel durch äusserliche Kälteapplikation, bis zur Unterkühlung auf 33 - 35°C. Indikationen: Nur Krankheitsfälle, die mit hoher Mortalität belastet sind, besonders ausgedehnte intrakranielle Eingriffe, schwere hypoxämische Schädigungen, postop. Hyperthermien, schwere Infektionen (Antibiotica bleiben wirksam), ausgedehnte Verbrennungen, Tetanus mit kurzer Inkubationszeit, Basedow, Psychose. Nachteile: Störungen im Kohlenhydratstoffwechsel bei länger als 3 Tage andauerndem "Winterschlaf", eitrige Bronchitiden, hypostatische Pneumonien, Phlebitiden, Obstipation sowie Tachyphylaxie. Unter Berücksichtigung aussichtsloser Fälle, schwankt die Erfolgsziffer zwischen 6 % (eigenes Ergebnis) und 30 %, die meisten Todesfälle ereignen sich in der Wiedererwärmungsphase. In dieser Phase auftretende bedrohliche Temperaturanstiege sprechen oft auf Pyramidon oder schwache Thyroxindosen an.."

Gegen eine allgemeine Dämpfung durch eine geeignete Prämedikation (abends: Luminal 0,2, 1 Tabl. Atosil, morgens vor Operation: Mo., Scopolamin, Atosil). Atosil ist wie Megaphen ein Phenothiazinpräparat und senkt die Körpertemperatur. H.L. 'Allmand und W. Brendel (107) stellten allerdings an 5 Hunden in über 40 Versuchen fest, dass die Phenothiazinkörper die Wärmeregulation nicht spezifisch beeinflussen) ist nichts einzuwenden. Sie ist im Gegenteil wünschenswert und wird wohl bei den meisten Operationen gegeben.

Einer weiteren Quelle für Wärmeentstehung, nämlich durch Muskelanspannung, Muskelzittern etc., kann der Einfluss durch Gaben von Curare-Präparaten (z.B. Curarin HAF) entzogen werden. Curarisierung wirkt der Wärmeproduktion durch Stilllegung der Muskulatur entgegen.

E. WARUM FINDET DIE APPARATNARKOSE IM GESCHLOSSENEN SYSTEM IMMER NOCH VERWENDUNG?

Berücksichtigt man nun die grossen Gefahren, die bei Verwendung der Apparat-Narkose, und besonders der Narkose im geschlossenen Atemsystem, auftreten bzw. auftreten können, so sehen wir uns vor das Problem gestellt: Soll dieses Atemsystem überhaupt noch verwendet werden?

Der erste und wohl hauptsächlichste Punkt, der für eine weitere Anwendung und Verwendung spricht, ist rein finanzieller Art. Es wäre zu wünschen, das Lachgas, das in Deutschland hauptsächlich als Inhalationsnarkotikum bei Apparatnarkose verwendet wird, wie in England in halboffenen Systemen zu benutzen und auf die Absorber mit ihren Mängeln und nachfolgenden Schäden zu verzichten. Die hohen N_2O -Preise erzwingen aber einen Gebrauch von Absorber und geschlossenem System. Vergleicht man die verschiedenen Narkosesysteme miteinander, so stellt man fest, dass alle verschwenderisch arbeiten, ausser dem geschlossenen Atemsystem. Während bei den 3 übrigen die Narkosegase in die Umgebung abfliessen, kann im geschlossenen System das Gas nicht entweichen. Es pendelt zwischen Patient und Apparat hin und her bzw. kreist innerhalb des Systems. Dadurch wird der Verbrauch dieser Gase enorm stark herabgesetzt. Ja man kann wohl sagen, dass die Apparate, die im geschlossenen System arbeiten, ihre Konstruktion den teuren und zum Teil auch explosiblen Inhalationsnarkotika verdanken.

Aus einer Liste des Drägerwerkes - Lübeck entnahm ich folgende Preise:

Sauerstoff-Flasche, 11 l Rauminh., gefüllt	DM 133.50
Lachgas-Flasche, 10 l Rauminh., leer, leihweise (Pfand)	DM 96.--
Lachgas-Flasche, 11 l Rauminh., leer, leihweise (Pfand)	DM 96.--
Lachgasfüllung (7,6 kg) für 10 Liter-Flasche	DM 50.20
Lachgasfüllung (8,0 kg) für 11 Liter-Flasche	DM 52.80
Cyclopropan-Flasche, 1 l Rauminh., leer, leihweise (Pfand)	DM 53.--
Cyclopropanfüllung (ca. 400 g) für 1 Liter-Flasche	DM 175.--

Allerdings kommen hinzu die Preise für den Absorberkalk:

10 l Dräger-Indikator-Atemkalk	DM 23.--
20 l Dräger-Indikator-Atemkalk	DM 43.70

Aus dieser Aufstellung ist zu ersehen, dass wohl besonders eine Klinik-Verwaltung ihr Hauptaugenmerk auf diesen Punkt der Narkose richtet und einen sparsameren Gasverbrauch vorzieht. Ausserdem ist eine verhältnismässig sichere Steuerung der Narkose gegeben und die Explosionsgefahr erheblich verringert.

Eine weitere Einsparung der Narkosegase gelingt durch die muskelerschlaffende Wirkung von Curare-Gaben (Curare-Präparate). Während vor der Einführung des Curare die Ausschaltung der muskulären Reflexe durch eine erhöhte Zufuhr eines Gas- oder dampfförmigen Narkosemittels erreicht wurde (und damit auftre-

tende Nebenwirkungen, evtl. Überdosierung), ist dies jetzt Aufgabe der lähmend wirkenden Curare-Präparate, oder curareähnlicher Mittel, die i. v. in fraktionierten Dosen injiziert werden. Nach Schön hängt die Dosierung von 4 Dingen ab:

1. von der gewünschten Muskelerschlaffung
2. von der "Reaktionslage" des Narkotisierten
3. von der Art des zusätzlichen Narkotikums
4. von der Operationsdauer.

Wichtig ist, dass diese Muskelrelaxantien ausgedehnte Operationen in oberflächlicher Anaesthetie möglich machen. Die Narkosetiefe kann deshalb bis höchstens zum Stadium $II_{\frac{1}{2}}$ gehalten werden (analgetisches Stadium). Auch das Excitationsstadium ist kaum zu bemerken. Durch diese oberflächliche Narkose werden unerwünschte Zwischenfälle und Komplikationen nahezu unmöglich gemacht. Allerdings ist bei Anwendung dieser Muskelrelaxantien das geschlossene Atemsystem erforderlich, so dass Curare die Narkotica notgedrungen doppelt einsparen hilft. Allerdings ist dabei gleichzeitige Intubation nötig, so dass die sofortige Beatmung möglich ist, und ausserdem die Atemwege freigehalten werden. Das geschlossene System hat noch einen weiteren Pluspunkt. In jedem Fall einer fehlenden oder ungenügenden Eigenatmung des Patienten kann der Anaesthetist durch den eingebauten Atembeutel die Atmung zeitweilig unterstützen oder völlig ersetzen nach Ausfall oder Ausschaltung. Ich spare also im geschlossenen System einmal durch das wirtschaftlichere Arbeiten des Systems selbst und obendrein durch Curare-Gaben. Verwende ich jedoch Curare, muss ich intubieren, um den absichtlich erzielten, vorübergehenden Atemstillstand durch "assistierte und kontrollierte Beatmung" zu überbrücken. Dies geschieht mit Hilfe des Atembeutels, der ins geschlossene Atemsystem eingebaut ist. Das ganze gleicht einem ewigen Kreislauf!

Unter diesen Gesichtspunkten steht einer weiteren Anwendung nichts im Wege, vor allem, wenn die Hauptgefahr - die Überhitzung mit nachfolgenden Wärmeschäden- (durch vorbeugende Massnahmen wie Temperaturkontrollen des Patienten, des angewandten Narkose-Apparates und der Umgebung) vereitelt und im Keime erstickt wird.

Gerade in den letzten Jahrzehnten hat die Narkosetechnik ungeheure Fortschritte gemacht. Während man auch schon in früheren Jahrhunderten die Schmerzausschaltung kannte, war hauptsächlich das 19. Jahrhundert an einer Vervollkommnung der Anaesthetie beteiligt. Besonders die Entdeckung der Inhalationsnarkotica und die Entwicklung von Narkoseapparaten ermöglichten es, auch langdauernde und komplizierte chirurgische Eingriffe an Patienten vorzunehmen.

Ein Inhalationsnarkoticum (N_2O , Cyclopropan u.a.) kann man in offenen oder geschlossenen Systemen zuführen. Gebräuchlich sind heute vier Verfahren:

1. Das offene System ohne Rückatmung
2. Das halboffene System, meist ohne Rückatmung
3. Das halbgeschlossene System mit Atembeutel und regulierbarer Rückatmung
4. Das geschlossene System mit Rückatmung.

Bei ihm unterscheiden wir wieder 2 Arten:

a) Das Pendelsystem

b) Das Kreissystem

Die Bezeichnungen beziehen sich auf den Rückfluss der Expirationsluft.

Beim offenen System kann die Expirationsluft des Patienten in die offene Luft entweichen. Auch das halboffene System entlässt die Ausatemungsluft in die Umgebung, da Ventile jede Rückatmung verhindern. Beim halbgeschlossenen System gebraucht man bewusst die teilweise Rückatmung.

Diesen 3 Atemsystemen steht das geschlossene System gegenüber, das sich immer mehr durchsetzt. Hier geht die Expirationsluft nicht mehr ganz oder teilweise in die Umgebung, sondern bleibt im System und kehrt zum Patienten über einen Absorber zurück. Der Absorber bindet das ausgeatmete Kohlendioxyd. Die Entwicklung der Narkose mit geschlossenem Atemsystem führte zu 2 verschiedenen Verfahren. Wir haben das Kreissystem oder closed circle und das Pendelsystem oder to-and-fro-system. Während bei letzterem die Ein- und Ausatemungsluft über einen mundnahen Absorber hin- und herpendelt, beschreibt die Luft wie der Name schon sagt - im Kreisatemsystem einen Kreis. Durch die langen Sogschläuche ist zwar der Atemwiderstand grösser als im Pendelsystem, dafür erreichen die Gase den Patienten aber nur mässig erwärmt, da die längeren Verbindungsstücke die Luft doch etwas abkühlen. Im Kreissystem kann man alle "guten" Absorbersorten verwenden, im Pendelsystem wird "Baralyne" vorgezogen. Sein Staub wirkt weniger kaustisch und ist darum bei dem mundnahen Absorber weniger gefährlich. In beiden Systemen dürfen Gase und Äther, niemals aber Chloroform, Chloräthyl und sonstige Halogenverbindungen verwendet werden, da Trilen (Trichloräthylen) durch Soda zersetzt wird.

Wie schon erwähnt, hat die Verwendung des geschlossenen Atemsystems stark zugenommen. Selbstverständlich hat man den anderen Systemen gegenüber Vorteile. Es treten aber auch zusätzlich Komplikationen auf, die die Frage auf-

werfen, ob man das geschlossene System im jetzigen Umfang beibehalten soll.

Als die beiden hauptsächlichsten Gefahren müssen die Überhitzung und die ungenügende CO_2 -Absorption genannt werden.

Die Verfasserin hat sich besonders mit der Überhitzung befasst.

Wir fragen uns zunächst, wie im menschlichen Organismus überhaupt Wärmeschäden zustande kommen. Die Körpertemperatur des Menschen ist konstant und im wesentlichen von der Temperatur der Umgebung unabhängig.

Der Erwachsene besitzt normalerweise eine gut ausgebildete Wärmeregulation. Wir unterscheiden die chemische Wärmeregulation, die vor einer Unterkühlung schützt, durch eine Änderung der Wärmeproduktion und die physikalische Wärmeregulation gegen Überhitzung durch Änderung der Wärmeabgabe.

Halten sich Wärmeproduktion bzw. - Zufuhr und Wärmeabgabe nicht mehr die Waage, so entsteht eine Wärmestauung.

Die Wärmeabgabe geschieht bekanntlich auf physikalischem Wege durch Strahlung, Fortpflanzung, Leitung und Verdunstung. Sind diese 4 physikalischen Prozesse sehr eingeschränkt oder unmöglich, so wird das normale Gleichgewicht gestört. Eine Überwärmung ist dann die Folge.

Allgemein bekannt sind diese Erscheinungen bei Sonnenstich und Hitzschlag. Weniger bekannt ist allerdings, dass die gleichen Komplikationen auch bei der Apparatnarkose im geschlossenen System mit CO_2 -Absorption auftreten.

Sowohl beim Hitzschlag als auch beim Sonnenstich findet man Blutungen besonders im Gehirn, den Hirnhäuten, in den Lungen und in den Herzhäuten. Leber- und Nierenzellen sind geschädigt, da es zu einer gewissen Bluteindickung, Vasodilatation und Behinderung der strömenden Blutmengen mit folgender Hyp.- und Anoxie kommen kann.

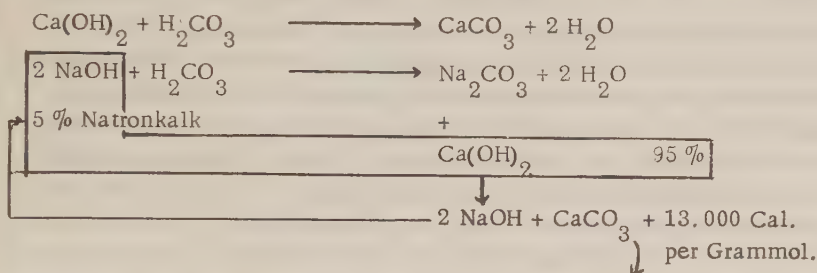
Analog dazu zeigt sich eine Überhitzung und Wärmestauung als Folge einer Störung des Gleichgewichtes (Wärmeproduktion bzw. -zufuhr und Wärmeabgabe) auch bei der Apparatnarkose im geschlossenen System.

Es fiel auf, dass Todesfälle besonders dann eintraten, wenn man bei hochsommerlichen Temperaturen in feuchtschwülen OP's chirurgische Eingriffe vornahm und Narkose-Apparate mit geschlossenem Atemsystem und CO_2 -Absorption anwandte. An Hand von Versuchen, die besonders in Amerika, der Schweiz, Deutschland und Japan vorgenommen wurden, untermauerte man die Annahmen einer Hyperthermie mit Wärmestauung und ihren tödlichen Folgen.

Warum begünstigt aber nun ausgerechnet das geschlossene System eine Überhitzung?

Da der Narkotisierte im Pendel- oder Kreissystem mit dem Frischgaszustrom immer wieder seine eigene Expirationsluft einatmen muss - das System ist ja vollkommen geschlossen - wird ein Absorber benötigt, der die entstandene Kohlensäure bindet. Diese Absorber müssen sich durch grosse Leistungsfähigkeit, Festigkeit und Körnergrösse auszeichnen. Auch wird ein möglichst geringer Atemwiderstand gewünscht. Am meisten verwendet werden der Dräger-Indicator-Atemkalk und in den Anglo-Amerikanischen Ländern Baralyme = Bariumkalk. Beide Kalke bestehen zu 80 %

aus Ca(OH)_2 . Baralyme besitzt ausserdem 20 % Ba(OH)_2 , an das das für die Reaktion nötige Wasser gebunden ist. Wegen der Eigenschaften des Bariums kann man von einer Härtung absehen. Auch soll der Bariumkalk weniger hohe Temperaturen bei der Kohlensäurebindung entwickeln. Und damit sind wir beim Kernproblem. Bei diesem physikalisch-chemischen Prozess wird nämlich eine ungeheure Wärmemenge frei! Nach Adriani verläuft die Kohlensäureabsorption folgendermassen:



Geht nun dieser Vorgang im geschlossenen Atemsystem vor sich, so wird die darin kreisende bzw. pendelnde Luft stark erwärmt.

Nach Hügin soll die Temperatur im Pendelsystem über 40°C betragen. Baralyme erwärmt sich auf $40 - 60^\circ\text{C}$. Je nach Absorbergemisch sollen Temperaturen bis zu 80 und 100°C gemessen worden sein (Kilian-Weese). Kommt dann noch hohe Temperatur im OP., hoher Feuchtigkeitsgehalt der Umgebung, Abdeckung mit schweren, sterilen Tüchern und die Narkose hinzu, die im Stadium III^{1 u. 2} die Wärmeregulation stört bzw. blockiert, so steht eigentlich einer Überhitzung nichts mehr im Wege.

Wie bei jeder Temperaturerhöhung des Organismus wird der Stoffwechsel enorm gesteigert. Der O_2 -Verbrauch nimmt stark zu. Sauerstoffzufuhr und Kohlensäureabgabe von den Zellen sind in Frage gestellt. Es werden hohe Anforderungen an Herz und Kreislauf, ja an den gesamten Körper gestellt. Psychische Störungen, Bewusstseinsstörungen bis zum Coma, Zuckungen und Krämpfe können auftreten. Die nervöse Erregbarkeit ist gesteigert. Arrhythmie und Kammerflimmern sind beobachtet worden, im Tierversuch auch EKG - Veränderungen im Sinne einer T-Zacken-Vergrösserung wie bei Hyperkaliämie.

Als Kreislaufveränderungen sind noch Atembeschleunigungen und Pulsveränderungen zu nennen. Hohe Hauttemperaturen treten auf mit beginnender Cyanose. Man sieht die gleichen Erscheinungen wie bei einer überdosierten Narkose.

Die gesamte Überbeanspruchung führt zu einem völligen Zusammenbruch. Die zentralen nervösen Steuerungen versagen ebenso wie Herz- und Kreislauf und die parenchymatösen Organe. Die ansteigenden Temperaturen haben oft Muskelzuckungen im Gesicht zur Folge. Die Convulsionen werden mit einer Hyperkaliämie in Verbindung gebracht und deuten auf den bevorstehenden Herzstillstand hin. Him- und Leberzellen gelten als besonders hitzeempfindlich. Geringe

Wärmeerhöhung des Organismus verursachen allerdings nur reversible Leberschäden.

Pathologisch-anatomisch fand man generalisierte Degenerationen im ZNS. In den Nervenzellen wurden "paranukleäre Hof- und Vakuolenbildung" gesehen. Die gefärbten Nissl'schen Körperchen (Nissl-färbung) verhielten sich unnormal. Manchmal liess sich nur das Protoplasma der Zelle vereinzelt und schwach lila färben. (Hikasa 16). Man beobachtete auch Blutungen besonders in der Lunge und Lebernekrosen.

In Verbindung mit diesen Wärmeschäden können natürlich auch noch Komplikationen auftreten. Neben den Gefahren einer evtl. Überdosierung, Asphyxie, Erbrechen, Aspiration des Erbrochenen, Störungen des Säure-Basengleichgewichtes, evtl. Atem- oder Herzstillstand kann auch eine Kohlensäureanreicherung und Intoxikation drohen. Durch genaue Überwachung der Narkose und des Patienten sowie durch Intubation und einem öfteren Auswechseln bzw. Hintereinanderschalten der Absorber kann man diesen Zwischenfällen begegnen und sie verhindern. Auch eine Überhitzung kann auf alle Fälle verhindert werden! Das Beste ist natürlich die Vorbeugung!

Zunächst muss die Umgebungsluft den Bedingungen entsprechen. Klimaanlage haben die Raumtemperatur zu regulieren, sowie für eine angemessene Luftfeuchtigkeit zu sorgen. 22°C und 60 - 65 % relative Feuchtigkeit sind angezeigt. Finden die Operationen unter hochsommerlichen klimatischen Bedingungen statt, so sind nur die nötigsten und leichtesten sterilen Abdecktücher zu verwenden. Vom Gebrauch des Pendelsystems rät Clark ganz ab. Sollte es doch Verwendung finden, muss der Kanister mit Eis gekühlt werden.

Hügin umgibt bei der Pendelatmung den Atemkalkabsorber mit einem "Tricot-schlauch", der mit Spiritus oder altem Äther befeuchtet wird. Erhitzte Kanister sind auszuwechseln. Man kann sie verschlossen in Eiswasser abkühlen. Beim Kreisatemsystem wird der Inspirationsschlauch mit Gaze umwickelt, die wie der Tricot-schlauch befeuchtet wird. Die Verdampfungskälte kühlt die Atemgase und trocknet sie etwas. Der Patient kann dann via Lunge Wärme abgeben.

Es wäre zweckmässig, Temperaturkontrollen am Apparat vorzunehmen. Nach meiner Ansicht müssten Thermometer oder Thermoelemente eingebaut werden.

Es würde genügen, die Temperaturen im Atemkalkabsorber und im Schlauch kurz vor dem Mundstück des Narkotisierten hin und wieder abzulesen, um zu verhindern, dass der schon sehr belastete Patient (OP. und Narkose!) zu heisse Luft inhaliert. Ferner müssten öfters Temperaturmessungen am Patienten vorgenommen werden. Eine evtl. Abkühlung kann von aussen durch Eisbeutel oder Wassermatratze erfolgen. Hierbei soll erwähnt werden, dass schon eine richtige Medication bzw. Prämedication vor der Operation eine Dämpfung und Verlangsamung der Kreislauf-tätigkeit und des Stoffwechsels herbeiführen, und einer Überhitzung in gewissen Grenzen vorbeugen.

Beim Gegenüberstellen der Vor- und Nachteile der geschlossenen Apparat-narkose gehen die Ansichten der Autoren auseinander.

Nach Hügin "können geschlossene Systeme entbehrt werden, wenn nicht künstliche Atmung durchgeführt werden muss". Man benötigt nach ihm geschlossene Systeme, hauptsächlich bei Eröffnung der Pleurahöhlen, bei Hirnoperationen, Curareanwendung und für Cyclopropan (hoher Preis!). In allen anderen Fällen können Apparate des Typus Roth-Draeger, Oxford Vaporiser oder sogar die Schimmelbuschmaske überlegen sein. Bei Kindern, die ja auf Wärmestauung empfindlicher sind als Erwachsene, ist ein Rückatemsystem fast nur in der Thoraxchirurgie indiziert. Selbst da gibt es nach Hügin noch andere Möglichkeiten.

Wenn man aber bedenkt, dass man unter Verwendung der geschlossenen Atemsysteme grosse Mengen an Narcoticis und hier besonders das noch immer teure Lachgas und Cyclopropan einspart, die Explosionsgefahr erheblich verringert (da keine Gase entweichen können) und die Narkose verhältnismässig sicher steuern kann, so steht einer weiteren Anwendung nichts im Wege, vor allem, wenn die Hauptgefahr - die Überhitzung mit nachfolgenden Wärmeschäden - durch vorbeugende Massnahmen wie Temperaturkontrollen am Patienten, am angewandten Narkoseapparat und der Umgebung verhindert wird.

LITERATURVERZEICHNIS

1. Klose u. Wittig: Narkose und Anaesthesia (1954)
2. Löffler: Anaesth. 1957, H. 1, 3
3. Killian-Weese: Die Narkose (1954) 496
4. Schiffbäumer: Grundlagen der Narkose in Theorie u. Praxis (1947)
5. Thum: Narkosefibel (1958)
6. Bark: Lehrbuch der Anaesthesia (1955)
7. Schön: Theorie und Praxis der allg. Anaesthesia mit einem Beitrag: Die allg. Anaesth. bei grösseren chir. Eingriffen, L. Zürn (1952), 114, 173
8. Harder: Gesundheitsingenieur 79, H. 6 (1958), 161
9. Just: Anaesth. 1954, H. 4, 169, H. 5, 239
10. Feurstein: Wien. klin. Wschr. 1951, 260-261
11. Raymond Ten Pas, Elwyn S. Brown and James O. Elam: Anesthesiology, Vol. 19, 1958, p. 231
12. Breitner: Chir. Op. Lehre (1955, Haid)
13. Macintosh, Mushin: Physics for the Anesthesist 1947 p. 50/51
14. Clark, Orkin and Rovenstine:
J. amer. med. Assoc. 1954, No. 4
Arch. Surg. 68, 379-383 (1954)
15. Hügin: Anaesth. 1952, H. 2, 46-58/54
16. Hikasa, Ogata und Sato: Anaesth. 1958, H. 3, 71
17. Currens and Crawford: New England J. Med. 243, 843 (1950)
18. Danowski: Amer. J. Med. 7, 525 (1949)
19. Darrow: New England J. Med. 242/978
20. Eliel, Person and Rawson: New England J. Med. 243, 471 (1950)
21. Elman, Shatz, Keating and Weichselbaum:
Ann. Surg. 136, 111 (1952)
22. Howard and Carey: J. clin. Endocrin. 9, 691 (1949)
23. Martin u. Mitarb.: J. Amer. Med. Assoc. 147, 24 (1951)

24. Hüglin: Helvet. Chir. Acta 16, 205-229 (1949)
25. Kirschner-Nordmann: Die Chirurgie (1940)
26. Stucke, Hübner und Dietz: Der Chirurg 23, (1952), 100
27. Killian: Münchn. Med. Wschr. 95, 9 (1953) 262
28. Killian: Dt. Med. Wschr. 76, 13 (1951) 408
29. Killian, Dönhardt: Wiederbelebung (1955) 63/293
30. Thauer: Pflügers Arch. Physiol. 246 (1942) 372
31. Bigler and Mc Quiston: J. Amer. Med. Assoc. 146, 551-556 (1951)
32. Seraphin: Zschr. Kindhk. 75, 6, 664 (1955)
33. Dennig: Lehrbuch d. inn. Med. (1950) 827
34. Schwiegk, Jores, Katsch u. a.: Lehrbuch d. inn. Med. (1949) 859
35. Hüglin: Anaesth. 1954, H. 4, 161
36. Haid: Anaesth. 1954, H. 4, 161
37. Beck: Anaesth. 1954, H. 5, 240
38. Gnüchtel: Anaesth. 1954, H. 2, 80
39. Frey u. Gnüchtel: Anaesth. 1953, H. 4, 151
40. Rizzi: Anaesth. 1954, H. 4, 179
41. Vourch: Anaesth. 1955, H. 2, 49
42. Imo: Anaesth. 1954, H. 6, 283
43. Schröder u. Laumann: Anaesth. 1958, H. 11, 337
44. Vonderschmitt und Gasteyer:
Anaesth. 1958, H. 9, 272
45. Brecht: Anaesth. 1953, H. 5, 180
46. Stoffregen u. Hohmann: Anaesth. 1958, H. 10, 311
47. Piolino u. Hüglin: Anaesth. 1958, H. 7, 208
48. Netzer u. Oehmig: Anaesth. 1956, H. 6, 169
49. Barth: Anaesth. 1958, H. 7, 204
50. Oehmig: Anaesth. 1955, H. 2, 45
51. Killian-Wesse: Die Narkose (1954)

52. Brücke: Anaesth. 1954, H. 3, 120
53. Killian-Weese: Die Narkose (1954) 287/695
54. Hadorn-Riva: Schweiz. Med. Wschr. 81, 32/33 (1951)
55. Woringen, Baumgartner u. Thomalske:
Anaesth. 1957, H. 5, 278
56. Kühns: Anaesth. 1958, H. 8, 245
57. Schäfer: Anaesth. 1958, H. 6, 164
58. Ressel: Anaesth. 1956, H. 3, 68
59. Bergmann: Anaesth. 1953, H. 4, 113
60. Meyer-Burgdorff: Anaesth. 1953, H. 4, 145
61. Kucher-Steinbereithner: Anaesth. 1953, H. 2, 196
62. v. Lüttichau: Anaesth. 1953, H. 4, 151
63. Hügin: Anaesth. 1953, H. 6, 193-196
64. Irmer: Anaesth. 1953, H. 2, 67
65. Semisch: Zentralbl. f. Chir. (Leipzig) 79, H. 49 (1954), 2081
66. Frey: Anaesth. 1952, H. 1, 11
67. Frey, Göpfert und Raule: Anaesth. 1952, H. 2, 33
68. Brücke: Anaesth. 1952, H. 5, 157
69. Unna: Anaesth. 1952, H. 5, 157
70. Fischer u. Hernandez-Richter: Anaesth. 1953, H. 2, 61
71. Irmer, Rotthoff u. Schneider: Anaesth. 1953, H. 3, 103
72. Dibold u. Zürn: Anaesth. 1953, H. 4, 135
73. Ebbinghaus u. Otte: Anaesth. 1954, H. 3, 110
74. Schön: Theorie und Praxis d. allg. Anaesth. 1952, 31
75. Wiemers u. Eich: Anaesth. 1953, H. 2, 50
76. Bark: Anaesth. 1952, H. 6, 178
77. Kühlmayer: Anaesth. 1957, H. 5, 253
78. Beer u. Loeschke: Anaesth. 1959, H. 3, 70

79. Hesse, Lendle, Schön: Allgemeine Narkose u. ärztl. Betäubung 1934, 68
80. Wakisaka u. Inokuchi: Anaesth. 1958, H. 12, 359
81. Schostok: Anaesth. 1957, H. 6, 270
82. Frey u. Göpfert: Anaesth. 1953, H. 3, 99
83. Irmer u. Schunk: Anaesth. 1952, H. 2, 58
84. Göpfert, Raule u. Frey: Anaesth. 1953, H. 1, 4
85. Göpfert u. Henneberg: Anaesth. 1957, H. 1, 15
86. Ritsema van Eck, Zijlstra, Lamberts:
Anaesth. 1954, H. 5, 250
87. Ritsema van Eck: Anaesth. 1953, H. 1, 3
88. Göpfert: Anaesth. 1955, H. 6, 204
89. Boere: Anaesth. 1953, H. 2, 65, 1954, H. 1, 4
90. Opderbecke, Maassen u. Müller:
Anaesth. 1956, H. 3, 82
91. Huguenard: Anaesth. 1953, H. 1, 33
92. Kucher u. Steinbereithner: Anesth. 1953, H. 6, 196
93. Lutz: Anaesth. 1953, H. 5, 161
94. Rizzi: Anaesth. 1954, H. 1, 58
95. Johnson: Anaesth. 1955, H. 1, 2
96. Irmer: Anaesth. 1954, H. 2, 79
97. Malorny: Anaesth. 1954, H. 4, 176
98. Horatz: Anaesth. 1954, H. 4, 170
99. Ciocatto u. Cattaneo: Anaesth. 1954, H. 4, 166
100. Ciocatto, Caluzzi: Anaesth. 1958, H. 12
101. Navratil: Anaesth. 1957, H. 5, 327
102. Zindler: Anaesth. 1954, H. 4, 168
103. Kolb, Spohn, Heinzl, Kratzert:
Anaesth. 1959, H. 1, 5
104. Cahn u. Campan: Anaesth. 1954, H. 4, 155

105. Horatz: Anaesth. 1954, H. 4, 194
106. Schürholz: Anaesth. 1954, H. 4, 158
107. L' Allemand, Brendel, Usinger:
Anaesth. 1955, H. 2, 36
108. Wiemers u. Kaniak: Anaesth. 1954, H. 4, 151
109. Hirsch: Anaesth. 1954, H. 4, 151
110. Bernsmeier: Anaesth. 1954, H. 4, 149
111. Wiesebrock: Anaesth. 1954, H. 4, 149
112. Bergmann: Anaesth. 1954, H. 4, 154
113. Huber u. Kraus: Anaesth. 1954, H. 4, 153
114. Kuhlitz: Anaesth. 1957, H. 5, 272
115. Lezius u. Stürtzbecher: Neue Med. Welt 1950, No. 21
116. Fürniss: Draeger-Sonderdruck, Mappe 57-203 M
117. Reinike: Münchn. Med. Wschr. No. 29 (1952)
118. Hollmann: Draeger-Hefte Nr. 224 (1954), 4794
119. Stampe: Draeger-Hefte Nr. 218 (1951), 4675
120. Zörn: Anaesth. 1954, H. 4, 198
121. Poppelbaum u. Lütkehöfner: Anaesth. 1957, H. 5, 363
122. Knight: Anaesth. and Analg. 21 : 117, (1942)
123. Searles and Lenahan: New York J. Med. 52 : 1896 (1952)
124. Burstein and Mark: Anesth. 9 : 197 (1948)

An dieser Stelle sei es mir gestattet, Herrn Professor Dr. W. FICK für die Überlassung des Themas, für seine wertvollen Anregungen und mühevollen Korrekturen aufrichtigst zu danken.

LEBENS LAUF

Am 5.3.1932 wurde ich als Tochter des Kaufmannes Hermann Werner und seiner Ehefrau Gertrud, geb. Kössel in Asbach, Kreis Schmalkalden geboren.

Von 1938 bis 1942 besuchte ich die Volksschule in Asbach und anschliessend die Oberschule für Jungen in Schmalkalden, an der ich 1950 die Reifeprüfung ablegte. Im Herbst desgleichen Jahres übersiedelte ich zu meinem Vater nach Ersingen, Kreis Ehingen in Württemberg.

Meine Mutter verstarb im Jahre 1943.

Im Wintersemester 1951/52 immatrikulierte ich an der Münchener Universität für Philologie und ab Sommersemester 1952 für Medizin. 1954 musste ich mein Studium aus familiären Gründen für drei Jahre unterbrechen.

Im Herbst 1957 bestand ich das Physikum und im Februar 1961 das medizinische Staatsexamen an der Ludwig-Maximilians-Universität zu München.

